

## Peran Teknologi Pendidikan dalam Meningkatkan Keterampilan Vokasional di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK): Tinjauan Literatur Sistematis Berbasis *Evidence-Based Practices* (2021–2025)

**Aprianus Telaumbanua**

Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Nias, Kota Gunungsitoli, Sumatera Utara, Indonesia.

E-mail: [april78@gmail.com](mailto:april78@gmail.com)

\* Corresponding Author

\* Corresponding Author



<https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i3.5511>

### ARTICLE INFO

#### Article history

Received: 24 Jan 2026

Revised: 28 Jan 2026

Accepted: 13 Feb 2026

#### Kata Kunci:

Kepemimpinan, Konflik, Strategi.

#### Keywords:

Leadership, conflict, strategy.



### ABSTRACT

Transformasi digital dan dinamika kebutuhan industri menuntut Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) menghasilkan lulusan yang tidak hanya menguasai keterampilan teknis spesifik, tetapi juga adaptif terhadap perkembangan teknologi, memiliki presisi prosedural, serta mampu bekerja dalam lingkungan berbasis sistem digital. Teknologi pendidikan semakin dipandang sebagai instrumen strategis untuk memperkuat pembelajaran vokasional, namun bukti empiris mengenai efektivitasnya masih tersebar dan belum terintegrasi secara sistematis. Artikel ini menyajikan tinjauan literatur sistematis terhadap penelitian periode 2021–2025 mengenai peran teknologi pendidikan dalam meningkatkan keterampilan vokasional di SMK dan konteks TVET yang setara. Kajian dilakukan menggunakan kerangka *evidence-based practices* (EBP) dengan pelaporan mengikuti pedoman PRISMA 2020. Dari 405 publikasi awal, 196 artikel diseleksi pada tahap skrining, 64 artikel ditelaah secara penuh, dan 20 studi memenuhi kriteria inklusi untuk dianalisis secara tematik. Hasil menunjukkan bahwa simulasi digital, *virtual reality* (VR), *augmented reality* (AR), *mobile learning*, dan *learning analytics* berkontribusi signifikan terhadap peningkatan keterampilan psikomotor dan prosedural, efisiensi latihan, serta motivasi belajar. Namun, efektivitas teknologi sangat bergantung pada keselarasan dengan tujuan kompetensi, desain instruksional berbasis pengelolaan beban kognitif, serta asesmen berbasis unjuk kerja yang valid. Artikel ini menawarkan kerangka konseptual dan kerangka implementatif bagi SMK dalam mengintegrasikan teknologi pendidikan secara berkelanjutan dan berbasis bukti.

*Digital transformation and the evolving demands of industry require Vocational High Schools to produce graduates who not only master specific technical skills, but are also adaptable to technological advancements, demonstrate procedural precision, and are capable of working within digitally driven systems. Educational technology is increasingly viewed as a strategic instrument for strengthening vocational learning; however, empirical evidence regarding its effectiveness remains fragmented and has not yet been systematically integrated. This article presents a systematic literature review of studies published between 2021 and 2025 on the role of educational technology in enhancing vocational skills in SMK and comparable TVET contexts. The review was conducted using an evidence-based practices (EBP) framework, with reporting guided by the PRISMA 2020 guidelines. Of the initial 405 publications identified, 196 articles were retained after the screening stage, 64 articles underwent full-text review, and 20 studies met the inclusion criteria for thematic analysis. The findings indicate that digital simulations, virtual reality (VR), augmented reality (AR), mobile learning, and learning analytics significantly contribute to improvements in psychomotor and procedural skills, training efficiency, and learning motivation. However, the effectiveness of technology is highly dependent on its alignment with competency objectives, instructional design grounded in cognitive load management, and the use of valid performance-based assessments. This article proposes both a*

*conceptual framework and an implementation framework to support SMK in integrating educational technology in a sustainable and evidence-based manner.*



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

How to Cite: Aprianus Telaumbanua (2026). Peran Teknologi Pendidikan dalam Meningkatkan Keterampilan Vokasional di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK): Tinjauan Literatur Sistematis Berbasis Evidence-Based Practices (2021–2025) . <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i3.5511>

## PENDAHULUAN

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) sebagai bagian integral dari *Technical and Vocational Education and Training* (TVET) memiliki mandat strategis untuk menyiapkan lulusan yang mampu bekerja secara kompeten melalui penguasaan keterampilan teknis, prosedural, serta sikap kerja profesional dan keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Dalam paradigma pendidikan vokasi, kompetensi tidak hanya dipahami sebagai penguasaan pengetahuan deklaratif, melainkan terutama sebagai kemampuan unjuk kerja (*performance-based competence*) yang dapat diterapkan secara konsisten dalam konteks dunia kerja nyata. Oleh karena itu, pembelajaran di SMK dituntut untuk berorientasi pada keterkaitan erat antara teori dan praktik, penguasaan prosedur kerja standar, serta internalisasi budaya kerja industri.

Perkembangan teknologi industri dalam satu dekade terakhir ditandai oleh otomasi, kecerdasan buatan (AI), analitik data, dan sistem siber fisik telah mengubah karakter pekerjaan dan kebutuhan kompetensi tenaga kerja. Laporan OECD dan World Bank menunjukkan bahwa transformasi ini memperluas tuntutan keterampilan vokasional, sehingga lulusan SMK tidak hanya dituntut menguasai keterampilan teknis spesifik bidang keahlian, tetapi juga literasi digital, kemampuan pemecahan masalah, kolaborasi, serta adaptabilitas terhadap perubahan teknologi dan organisasi kerja (OECD, 2023; World Bank, 2023). Kondisi tersebut menempatkan pendidikan vokasi pada posisi strategis, sekaligus menuntut pembaruan pendekatan pembelajaran agar selaras dengan dinamika kebutuhan industri dan pasar kerja.

Dalam konteks tersebut, teknologi pendidikan dipandang sebagai salah satu instrumen kunci untuk meningkatkan kualitas dan relevansi pembelajaran vokasional. Berbagai teknologi mulai dari *learning management system* (LMS), simulasi digital, *virtual/augmented/mixed reality* (VR/AR/MR), *mobile learning*, hingga *learning analytics* dan kecerdasan buatan menawarkan peluang untuk memperkaya pengalaman praktik, memperluas akses terhadap latihan keterampilan, serta menyediakan umpan balik pembelajaran berbasis data. UNESCO-UNEVOC menempatkan *digital transformation* dalam TVET sebagai agenda strategis global untuk meningkatkan relevansi, kualitas, dan daya saing lulusan, termasuk melalui penguatan kapasitas pendidik dan pengembangan ekosistem pembelajaran yang terhubung dengan dunia industri (UNESCO-UNEVOC, 2022; 2023).

Meskipun demikian, bukti empiris menunjukkan bahwa adopsi teknologi pendidikan di SMK tidak secara otomatis berbanding lurus dengan peningkatan keterampilan vokasional peserta didik. Sejumlah penelitian melaporkan bahwa penggunaan teknologi yang tidak selaras dengan tujuan kompetensi dan desain pembelajaran justru berpotensi meningkatkan beban kognitif, menurunkan fokus pada penguasaan prosedur kerja inti, serta membatasi transfer keterampilan ke konteks kerja nyata. Efektivitas teknologi pendidikan sangat bergantung pada kesesuaian teknologi dengan jenis keterampilan yang ditargetkan, kualitas desain instruksional seperti penerapan *deliberate practice*, *scaffolding*, dan pengelolaan *cognitive load* serta validitas asesmen unjuk kerja yang digunakan. Selain itu, kesiapan guru dalam mengintegrasikan teknologi, pedagogi, dan konten kejuruan (TPACK/TPVK), ketersediaan infrastruktur, serta tata kelola data dan etika pemanfaatan teknologi berbasis AI dan analitik juga menjadi faktor penentu keberhasilan implementasi (Noetel et al., 2022; Ouwehand et al., 2025).

Dalam lima tahun terakhir (2021–2025), penelitian di bidang pendidikan vokasi menunjukkan peningkatan signifikan dalam eksplorasi pemanfaatan teknologi pendidikan untuk pengembangan keterampilan vokasional. Studi-studi tersebut mencakup penggunaan VR untuk latihan keterampilan berisiko tinggi, AR untuk mendukung visualisasi prosedur kerja, simulasi digital untuk penguatan kompetensi teknis, serta *learning analytics* dan AI untuk memantau proses belajar dan memberikan intervensi pembelajaran yang lebih personal. Secara umum, hasil penelitian melaporkan dampak positif terhadap hasil belajar kognitif dan psikomotor, efisiensi latihan, serta motivasi dan keterlibatan belajar peserta didik. Namun, temuan-temuan tersebut masih tersebar, menggunakan pendekatan metodologis yang beragam, serta melaporkan indikator hasil yang belum sepenuhnya seragam.

Hingga saat ini, masih terbatas kajian yang secara sistematis mensintesis bukti empiris terkini mengenai peran teknologi pendidikan dalam meningkatkan keterampilan vokasional di SMK dengan menggunakan kerangka *evidence-based practices* (EBP). Sebagian kajian sebelumnya cenderung berfokus pada satu jenis teknologi tertentu atau membahas teknologi pendidikan dalam konteks pendidikan umum, tanpa mengaitkannya secara eksplisit dengan karakteristik pembelajaran vokasional, asesmen kompetensi berbasis unjuk kerja, serta konteks implementasi di SMK. Ketiadaan sintesis berbasis bukti yang terstruktur ini berpotensi menyulitkan pendidik dan pengambil kebijakan dalam menentukan teknologi yang paling relevan, merancang pembelajaran yang efektif, serta mengalokasikan sumber daya secara tepat.

Berdasarkan celah tersebut, artikel ini menyajikan kajian literatur periode 2021–2025 yang disusun menggunakan kerangka *evidence-based practices* (EBP). Kerangka ini menekankan integrasi antara bukti penelitian terbaik yang tersedia, karakteristik dan kebutuhan konteks SMK, serta pertimbangan implementasi praktis di lapangan. Secara khusus, kajian ini diarahkan untuk menjawab pertanyaan: (1) teknologi pendidikan apa saja yang dominan digunakan untuk meningkatkan keterampilan vokasional di SMK; (2) seberapa kuat bukti empiris mengenai pengaruh teknologi tersebut terhadap hasil belajar keterampilan vokasional; (3) faktor-faktor kunci keberhasilan dan risiko implementasi yang dilaporkan dalam literatur; serta (4) implikasi praktis dan rekomendasi implementasi teknologi pendidikan berbasis EBP bagi SMK.

Berbeda dari tinjauan sebelumnya, kebaruan artikel ini terletak pada sintesis terintegrasi temuan empiris terkini (2021–2025) yang mengaitkan teknologi pendidikan dengan jenis keterampilan vokasional, desain instruksional, dan asesmen berbasis unjuk kerja dalam konteks SMK. Selain merangkum dampak penggunaan teknologi, artikel ini juga memetakan praktik-praktik berbasis bukti serta prinsip implementasi yang dapat digunakan sebagai rujukan teoretis dan praktis bagi pendidik, pengelola SMK, dan pengambil kebijakan dalam mengembangkan pembelajaran vokasional berbasis teknologi yang efektif dan berkelanjutan.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian literatur sistematis (*systematic literature review*, SLR) yang disusun dalam kerangka *evidence-based practices* (EBP). Pendekatan EBP dipilih karena menekankan pengambilan keputusan pendidikan yang didasarkan pada integrasi antara bukti penelitian terbaik yang tersedia, karakteristik konteks pembelajaran, serta pertimbangan implementasi praktis di lapangan. Dalam konteks pendidikan vokasi, pendekatan ini relevan untuk mensintesis temuan empiris yang beragam dan menerjemahkannya menjadi rekomendasi pembelajaran yang aplikatif bagi SMK.

SLR dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menyeleksi, mengevaluasi, dan mensintesis hasil-hasil penelitian empiris terkini yang membahas pemanfaatan teknologi pendidikan dalam meningkatkan keterampilan vokasional di SMK dan konteks TVET yang setara. Prosedur kajian dilakukan secara sistematis dan transparan dengan mengacu pada prinsip pelaporan *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), yang disesuaikan dengan karakteristik kajian pendidikan.

Prinsip pelaporan kajian literatur sistematis dalam penelitian ini mengacu pada pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) untuk menjamin transparansi dan ketertelusuran proses seleksi serta sintesis literatur (Page et al., 2021).

## Fokus dan Pertanyaan Kajian

Sejalan dengan tujuan penelitian dan kerangka EBP yang digunakan, kajian literatur ini difokuskan untuk menjawab empat pertanyaan utama, yaitu:

1. teknologi pendidikan apa saja yang dominan digunakan dalam pembelajaran vokasional di SMK pada periode 2021–2025;
2. bagaimana karakteristik dan kekuatan bukti empiris terkait pengaruh teknologi tersebut terhadap hasil belajar keterampilan vokasional;
3. faktor-faktor kunci keberhasilan serta risiko implementasi teknologi pendidikan dalam konteks SMK; dan
4. implikasi praktis serta rekomendasi implementasi teknologi pendidikan berbasis EBP bagi pembelajaran vokasional.

### **Strategi Pencarian Literatur**

Pencarian literatur dilakukan secara sistematis pada basis data ilmiah bereputasi, meliputi *Scopus*, *Web of Science*, ERIC, *ScienceDirect*, *SpringerLink*, serta *Google Scholar* sebagai pelengkap untuk menjangkau publikasi yang relevan. Selain itu, dokumen kebijakan dan laporan internasional dari organisasi kredibel seperti OECD, World Bank, dan UNESCO-UNEVOC juga disertakan untuk memperkuat konteks makro pendidikan vokasi.

Kata kunci pencarian dirumuskan dengan mengombinasikan istilah yang merepresentasikan konteks pendidikan vokasi, teknologi pendidikan, dan keterampilan vokasional, antara lain: *vocational education*, *technical and vocational education and training*, *SMK*, *educational technology*, *digital learning*, *virtual reality*, *augmented reality*, *simulation*, *learning analytics*, *artificial intelligence*, dan *vocational skills*. Kombinasi kata kunci disesuaikan dengan karakteristik masing-masing basis data menggunakan operator Boolean (*AND*, *OR*).

### **Kriteria Inklusi dan Eksklusi**

Untuk menjaga relevansi dan kualitas kajian, literatur yang dianalisis harus memenuhi kriteria inklusi sebagai berikut:

1. artikel jurnal atau prosiding ilmiah yang telah melalui proses *peer review*;
2. dipublikasikan pada rentang waktu 2021–2025;
3. membahas pemanfaatan teknologi pendidikan dalam konteks pendidikan vokasi, khususnya SMK atau TVET setara;
4. melaporkan hasil empiris yang berkaitan dengan pengembangan keterampilan vokasional, baik kognitif, psikomotor, maupun afektif; dan
5. ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris.

Adapun kriteria eksklusi meliputi:

1. artikel konseptual tanpa dukungan data empiris;
2. publikasi duplikat;
3. penelitian yang berfokus pada pendidikan umum tanpa relevansi yang jelas dengan pendidikan vokasi; dan
4. artikel yang tidak menyediakan informasi metodologis yang memadai.

### **Prosedur Seleksi Studi**

Proses seleksi literatur dilakukan melalui beberapa tahap. Tahap pertama berupa penyaringan judul dan abstrak untuk mengidentifikasi kesesuaian topik dengan fokus kajian. Tahap kedua dilakukan dengan membaca teks lengkap artikel untuk memastikan pemenuhan kriteria inklusi. Artikel yang lolos seleksi kemudian dimasukkan ke tahap sintesis. Seluruh proses seleksi dilakukan secara sistematis untuk meminimalkan bias dan memastikan konsistensi penilaian.

### **Teknik Analisis dan Sintesis Data**

Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan sintesis tematik naratif (*thematic narrative synthesis*). Setiap artikel yang terpilih dianalisis berdasarkan beberapa aspek utama, meliputi:

1. Jenis teknologi pendidikan yang digunakan;
2. Konteks dan bidang keahlian vokasional;
3. Desain pembelajaran dan strategi instruksional;
4. Jenis dan indikator keterampilan vokasional yang diukur; serta
5. Temuan utama terkait efektivitas, peluang, dan tantangan implementasi.

Proses analisis dilakukan melalui tahapan pengodean awal, pengelompokan temuan, dan penarikan tema lintas studi. *Quality appraisal tools* dalam *systematic review* bersifat bervariasi dan perlu disesuaikan dengan tujuan sintesis serta karakteristik studi yang ditelaah. Oleh karena itu, kajian ini tidak menggunakan satu instrumen penilaian kualitas tertentu, melainkan menekankan konsistensi temuan, relevansi konteks pendidikan vokasi, serta kekuatan bukti empiris yang dilaporkan.

Berdasarkan proses sintesis tematik tersebut, temuan penelitian dikelompokkan ke dalam empat tema utama, yaitu:

- (T1) dampak teknologi pendidikan terhadap keterampilan vokasional;
- (T2) strategi pedagogik dan bentuk integrasi teknologi pendidikan;
- (T3) pendekatan asesmen dan evaluasi keterampilan vokasional berbasis teknologi; serta
- (T4) faktor implementasi dan tantangan penerapan teknologi pendidikan di SMK.

### **Keabsahan dan Kredibilitas Kajian**

Untuk meningkatkan keabsahan kajian, penelitian ini menekankan pada penggunaan sumber-sumber bereputasi dan *peer-reviewed*, transparansi kriteria seleksi, serta konsistensi dalam proses analisis. Sintesis dilakukan dengan membandingkan temuan lintas studi untuk mengidentifikasi kesesuaian dan perbedaan hasil, sehingga interpretasi yang dihasilkan tidak bergantung pada satu studi tunggal. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip EBP yang menempatkan kekuatan bukti sebagai dasar pengambilan keputusan pendidikan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

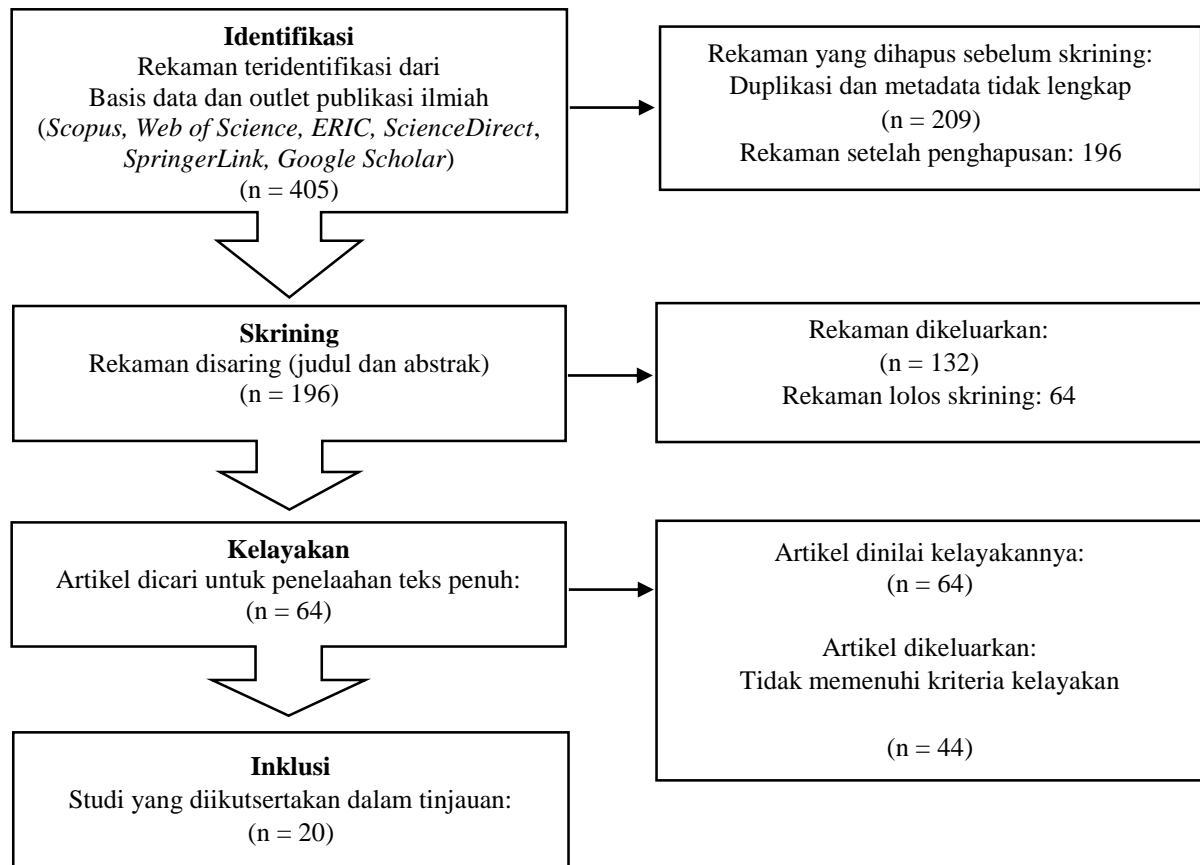
### **A. HASIL**

#### **1. Pelaporan PRISMA Ringkas (Alur Seleksi Studi)**

Pencarian literatur dilakukan secara sistematis pada basis data *Scopus*, *Web of Science*, ERIC, *ScienceDirect*, *SpringerLink*, serta *Google Scholar* sebagai pelengkap, dengan fokus publikasi periode 2021–2025 yang membahas pemanfaatan teknologi pendidikan dalam konteks pendidikan vokasi (SMK/TVET). Proses seleksi dikendalikan melalui kriteria inklusi dan eksklusi serta dilaporkan mengikuti alur *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020 (Page et al., 2021).

Dari hasil penelusuran awal diperoleh 405 publikasi yang relevan dengan kata kunci kajian. Setelah penghapusan duplikasi serta penyaringan judul dan abstrak, sebanyak 196 artikel dinyatakan memenuhi kriteria awal dan dilanjutkan ke tahap telaah teks lengkap. Pada tahap ini, 64 artikel dinilai layak secara substansi dan metodologi, sementara sisanya dieliminasi karena tidak memenuhi kriteria inklusi. Selanjutnya, 20 studi memenuhi seluruh kriteria kelayakan dan dianalisis lebih lanjut. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan sintesis tematik naratif dengan pengodean terhadap jenis teknologi pendidikan, konteks dan bidang vokasional, desain pembelajaran, indikator keterampilan vokasional, serta temuan utama penelitian.

Proses seleksi studi dilakukan secara bertahap mengikuti alur PRISMA 2020 dalam versi ringkas untuk menyesuaikan dengan karakteristik sumber terbuka yang ditinjau, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Diagram alur seleksi studi (adaptasi PRISMA 2020, ringkas)

Untuk menjaga transparansi, alasan eksklusi pada tahap telaah teks penuh dirangkum pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Alasan Eksklusi Studi pada Tahap Full-Text (n = 44)

No	Alasan Eksklusi	Jumlah Studi
1	Fokus pada desain produk/rekayasa teknis tanpa konteks pembelajaran atau asesmen	14
2	Metodologi penelitian tidak dijelaskan secara memadai	10
3	Konteks non-pendidikan (industri murni, professional practice)	8
4	Kompetensi tidak terkait langsung dengan keterampilan vokasional/SMK	7
5	Duplikasi versi publikasi (prosiding-jurnal)	4
<b>Total</b>		<b>44</b>

Sebanyak 20 studi yang lolos seleksi kemudian dianalisis menggunakan pendekatan sintesis tematik naratif dan dikelompokkan ke dalam empat tema utama (T1–T4).

Tabel 2. Matriks Sintesis Tematik Pemanfaatan Teknologi Pendidikan untuk Keterampilan Vokasional di SMK/TVET (2021–2025)

Tema	Fokus Utama Temuan	Konteks & Jenis Studi (n)	Ringkasan Sintesis	Sumber Kunci
Dampak teknologi terhadap kompetensi vokasional (T1)	Keterampilan psikomotor & prosedural	Eksperimen & kuasi (6); R&D (4)	Simulasi digital dan VR meningkatkan akurasi prosedur, keselamatan, dan efisiensi latihan; transfer optimal bila dikombinasikan praktik nyata	Radianti et al. (2020); Noetel et al. (2022)
	Motivasi & keterlibatan belajar	Survei & mixed methods (3)	Media interaktif dan mobile learning meningkatkan engagement bila selaras tujuan kompetensi	Bond et al. (2021); Dede et al. (2021)
Strategi pedagogik & integrasi teknologi (T2)	PjBL/PBL terintegrasi teknologi	PTK (3); Eksperimen (4)	PjBL/PBL menempatkan teknologi sebagai alat pemecahan masalah autentik dan kolaborasi	Billett (2021); Sailer & Sailer (2021)
	Scaffolding & beban kognitif	Review (2)	Desain CLT-aware menurunkan extraneous load dan meningkatkan efektivitas belajar	Noetel et al. (2022); Ouwehand et al. (2025)
Asesmen keterampilan vokasional (T3)	Rubrik unjuk kerja & learning analytics	Review & pengembangan instrumen (3)	Asesmen berbasis kinerja lebih valid menilai kompetensi vokasional	Merzdorf et al. (2024); Ifenthaler & Yau (2020)
Faktor implementasi (T4)	Kompetensi guru, infrastruktur & kebijakan	Survei & laporan (3)	Keberhasilan bergantung integrasi pedagogi–teknologi–konten dan dukungan institusi	Rahmawati (2021); UNESCO-UNEVOC (2023)

## 2. Dampak Teknologi Pendidikan terhadap Keterampilan Vokasional (T1)

Tema pertama menunjukkan bahwa teknologi pendidikan memberikan dampak paling konsisten pada pengembangan keterampilan psikomotor dan prosedural berbasis unjuk kerja. Dari 20 studi inklusi, sembilan studi secara langsung melaporkan peningkatan signifikan dalam akurasi praktik, konsistensi langkah kerja, efisiensi waktu penyelesaian tugas, serta visualisasi spasial melalui penggunaan teknologi imersif seperti *virtual reality* (VR), *augmented reality* (AR), dan *mixed reality* (MR). Meta-analisis dan *systematic review* menunjukkan bahwa lingkungan imersif memungkinkan latihan berulang dalam konteks aman, sehingga mengurangi kesalahan prosedural dan meningkatkan retensi keterampilan (Akbar, 2025; Bödding et al., 2025; Suhail et al., 2024). Studi eksperimental juga melaporkan peningkatan signifikan dalam kemampuan visualisasi teknik dan presisi kerja melalui AR (Tiwari et al., 2024a, 2024b). Selain itu, simulasi digital dilaporkan meningkatkan kesiapan kerja dan transfer keterampilan ketika dikombinasikan dengan praktik nyata (Radianti et al., 2021). Secara keseluruhan, temuan pada T1 menunjukkan bahwa teknologi paling efektif ketika digunakan untuk mendukung latihan prosedural yang kompleks, berisiko tinggi, atau membutuhkan visualisasi spasial tiga dimensi.

**3. Strategi Pedagogik dan Bentuk Integrasi Teknologi Pendidikan (Tema T2)**

Tema kedua menunjukkan bahwa efektivitas teknologi tidak bersifat deterministik, melainkan sangat bergantung pada strategi pedagogik yang digunakan. Enam studi dalam kajian ini menekankan pentingnya integrasi teknologi dalam kerangka pembelajaran aktif seperti *Project-Based Learning* (PjBL) dan *Problem-Based Learning* (PBL). Studi menunjukkan bahwa teknologi menghasilkan dampak lebih besar ketika digunakan untuk menyelesaikan tugas autentik yang merepresentasikan praktik industri (Billett, 2021; OECD, 2023). Sebaliknya, penggunaan teknologi hanya sebagai alat presentasi materi menunjukkan dampak terbatas terhadap kompetensi vokasional. Selain itu, beberapa studi meta-review menegaskan pentingnya desain berbasis *Cognitive Load Theory* (CLT). Segmentasi materi, penggunaan worked examples, dan scaffolding bertahap terbukti menurunkan extraneous cognitive load dan meningkatkan efektivitas pembelajaran digital (Noetel et al., 2022; Ouwehand et al., 2025; Kala, 2023). Dengan demikian, T2 menegaskan bahwa integrasi teknologi harus berbasis alignment antara tujuan kompetensi, aktivitas pembelajaran, dan asesmen.

**4. Pendekatan Asesmen dan Evaluasi Keterampilan Vokasional Berbasis Teknologi (T3)**

Tema ketiga menunjukkan adanya pergeseran dari asesmen berbasis pengetahuan menuju asesmen berbasis unjuk kerja yang didukung teknologi. Tiga studi dalam kajian ini membahas pemanfaatan learning analytics dan kecerdasan buatan untuk memantau proses belajar dan memberikan umpan balik adaptif. *Learning analytics* memungkinkan analisis data proses latihan sehingga guru dapat mengidentifikasi pola kesalahan dan memberikan intervensi tepat waktu (Michos, 2025; Ifenthaler & Yau, 2021). Selain itu, integrasi AI dalam sistem asesmen dapat mendukung personalisasi umpan balik (Garzón, 2025). Namun demikian, literatur juga menekankan bahwa validitas asesmen vokasional tetap bergantung pada rubrik performa kontekstual dan kesesuaian dengan standar industri (Merzdorf et al., 2024). Teknologi berfungsi sebagai pendukung proses evaluasi, bukan pengganti penilaian autentik.

**5. Faktor Implementasi dan Tantangan Penerapan Teknologi Pendidikan di SMK (T4)**

Tema keempat menyoroti faktor sistemik yang memengaruhi keberhasilan integrasi teknologi di SMK. Enam studi menunjukkan bahwa kompetensi guru dalam mengintegrasikan teknologi, pedagogi, dan konten kejuruan (TPACK/AI-TPACK) merupakan faktor kunci (Rahmawati, 2021; Setiyawan et al., 2025; Chiu et al., 2025). Selain itu, dukungan infrastruktur, kebijakan sekolah, serta kemitraan dengan industri memengaruhi keberlanjutan implementasi (UNESCO-UNEVOC, 2023; World Bank, 2023). Ketimpangan akses teknologi berpotensi menciptakan kesenjangan kualitas pembelajaran antar SMK. T4 juga menunjukkan bahwa tanpa pengelolaan beban kognitif dan pelatihan guru yang memadai, teknologi dapat menjadi distraktor alih-alih fasilitator pembelajaran. Sintesis lintas tema selanjutnya diintegrasikan ke dalam sebuah kerangka konseptual untuk menjelaskan keterkaitan antara konteks, proses pembelajaran, dan luaran kompetensi yang disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Kerangka Konseptual Peran Teknologi Pendidikan terhadap Keterampilan Vokasional di SMK (2021–2025)

Komponen	Dimensi Utama	Deskripsi	Rujukan Kunci
Input (Konteks)	Kebutuhan industri & kurikulum	Tuntutan kompetensi vokasional selaras dengan kebutuhan industri dan digitalisasi kerja	OECD (2023); World Bank (2023)
	Kompetensi guru	Integrasi pedagogi, teknologi, dan konten kejuruan (TPACK/TPVK)	Rahmawati (2021); Setiyawan et al. (2025)

Komponen	Dimensi Utama	Deskripsi	Rujukan Kunci
	Infrastruktur	Ketersediaan perangkat, konektivitas, dan akses teknologi	Autodesk (2025a, 2025b)
Proses (Pembelajaran)	Strategi pedagogik	PjBL/PBL, deliberate practice, scaffolding bertahap	Billett (2021); Sailer & Sailer (2021)
	Teknologi pendukung	Simulasi, VR/AR, mobile learning	Dede et al. (2021); Akçayır & Akçayır (2022)
	Asesmen	Rubrik kinerja dan umpan balik berbasis data	Merzdorf et al. (2024)
Output (Kompetensi)	Keterampilan vokasional	Akurasi prosedur, keselamatan kerja, dan kesiapan kerja	Radianti et al. (2020); OECD (2023)
	Motivasi & engagement	Keterlibatan belajar berkelanjutan	Bond et al. (2021)

Untuk menjembatani temuan konseptual peran teknologi pendidikan terhadap keterampilan vokasional, artikel ini mengusulkan kerangka implementasi pembelajaran vokasional berbasis teknologi di SMK. Kerangka implementasi tersebut dirangkum pada Tabel 4.

**Tabel 4. Kerangka Implementasi Pembelajaran Vokasional Berbasis Teknologi di SMK**

Tahap	Komponen Implementasi	Uraian Singkat	Rujukan
1	Pemetaan kompetensi	Identifikasi kompetensi inti vokasional dan indikator kinerja	OECD (2023)
2	Diagnostik awal	Asesmen awal keterampilan dan kesiapan peserta didik	McNea et al. (2025)
3	Desain CLT-aware	Penyusunan materi tersegmentasi dan worked examples	Ouwehand et al. (2025); Noetel et al. (2022)
4	Tugas autentik	Proyek berbasis masalah dunia kerja (PjBL/PBL)	Billett (2021)
5	Media multi-format	Integrasi simulasi, VR/AR, dan mobile learning	Dede et al. (2021)
6	Asesmen berbasis rubrik	Penilaian unjuk kerja dan refleksi belajar	Merzdorf et al. (2024)

## B. PEMBAHASAN

Temuan lintas tema (T1–T4) terhadap 20 studi menunjukkan bahwa efektivitas teknologi pendidikan dalam konteks SMK tidak berdiri sendiri sebagai faktor determinan, melainkan berinteraksi secara sistemik dengan desain pedagogik, karakteristik kompetensi yang ditargetkan, serta konteks institusional (Billett, 2021; OECD, 2023). Secara umum, teknologi seperti simulasi digital, *virtual reality* (VR), *augmented reality* (AR), dan *learning analytics* memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan keterampilan psikomotor dan prosedural, terutama pada kompetensi yang membutuhkan visualisasi spasial, akurasi prosedural, dan latihan berulang dengan risiko tinggi (Radianti et al., 2020; Dede et al., 2021; Noetel et al., 2022).

Namun demikian, analisis lintas studi memperlihatkan bahwa peningkatan hasil belajar tidak semata-mata disebabkan oleh penggunaan teknologi itu sendiri, melainkan oleh kualitas integrasi pedagogisnya. Studi-studi menunjukkan bahwa teknologi yang digunakan tanpa scaffolding dan tanpa desain tugas autentik cenderung menghasilkan peningkatan motivasi jangka pendek, tetapi tidak selalu berdampak signifikan terhadap transfer keterampilan ke konteks kerja nyata (Noetel et al., 2022; Ouwehand et al., 2025). Sebaliknya, ketika teknologi dipadukan dengan pendekatan *project-based*

*learning* (PjBL) atau problem-based learning (PBL), terjadi peningkatan pada dimensi pemecahan masalah, kolaborasi, dan refleksi profesional (Billett, 2021; Sailer & Sailer, 2021).

Dari perspektif teori beban kognitif (*cognitive load theory*), beberapa studi dalam kajian ini menegaskan pentingnya segmentasi materi, penggunaan *worked examples*, serta pengurangan elemen visual yang tidak relevan dalam desain pembelajaran berbasis teknologi (Noetel et al., 2022; Ouwehand et al., 2025; Kala, 2023). Teknologi yang dirancang tanpa mempertimbangkan pengelolaan beban kognitif berpotensi meningkatkan *extraneous load* dan menghambat proses pembentukan skema keterampilan prosedural.

Pada aspek asesmen, temuan menunjukkan pergeseran dari tes berbasis pengetahuan menuju asesmen berbasis unjuk kerja (*performance-based assessment*). Integrasi rubrik digital dan *learning analytics* memungkinkan pemantauan proses belajar secara lebih rinci dan pemberian umpan balik adaptif (Merzdorf et al., 2024; Ifenthaler & Yau, 2020). Meskipun demikian, literatur juga menekankan pentingnya validitas konstruk dan kesesuaian indikator kinerja dengan standar industri agar asesmen tidak hanya mengukur performa simulatif (OECD, 2023; World Bank, 2023).

Faktor implementasi juga menjadi variabel penentu keberhasilan. Studi-studi survei dan laporan kebijakan menunjukkan bahwa kompetensi guru dalam mengintegrasikan teknologi, pedagogi, dan konten kejuruan (TPACK/TPVK) memiliki korelasi positif dengan efektivitas pembelajaran berbasis teknologi (Rahmawati, 2021; Setiyawan et al., 2025). Selain itu, dukungan infrastruktur dan kebijakan transformasi digital memperkuat keberlanjutan inovasi pembelajaran di SMK (UNESCO-UNEVOC, 2023; OECD, 2023).

Secara konseptual, temuan kajian ini mempertegas bahwa teknologi pendidikan berfungsi sebagai *enabler* dalam ekosistem pembelajaran vokasional, bukan sebagai pengganti praktik kerja nyata. Teknologi memperluas kesempatan latihan, meningkatkan keselamatan, dan menyediakan data pembelajaran, tetapi tetap memerlukan integrasi dengan praktik bengkel, magang industri, dan supervisi instruktur (Billett, 2021; UNESCO-UNEVOC, 2022).

Implikasi teoretis dari kajian ini adalah perlunya model integratif yang menghubungkan konteks (input), proses pembelajaran, dan hasil (output) secara sistemik, sejalan dengan kerangka transformasi digital TVET (UNESCO-UNEVOC, 2023; OECD, 2023). Sementara itu, implikasi praktisnya adalah bahwa investasi teknologi di SMK harus disertai dengan pelatihan guru, perencanaan asesmen berbasis kinerja, serta evaluasi berkelanjutan berbasis data (Rahmawati, 2021; Setiyawan et al., 2025).

Dengan demikian, pembahasan ini menegaskan bahwa keberhasilan integrasi teknologi pendidikan di SMK bergantung pada sinergi antara bukti empiris, desain instruksional, kesiapan institusi, dan orientasi pada kompetensi kerja nyata.

## SIMPULAN

Teknologi pendidikan berperan signifikan dalam meningkatkan keterampilan vokasional SMK jika diterapkan selaras dengan tujuan kompetensi, desain instruksional yang tepat, dan asesmen berbasis unjuk kerja. Rekomendasi meliputi pemilihan teknologi berbasis kebutuhan kompetensi, penguatan kompetensi guru, serta integrasi pembelajaran dengan praktik industri.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak yang sudah berkontribusi dalam penyusunan artikel ini.

## REFERENSI

Akbar, M. (2025). The effectiveness of virtual reality and augmented reality in improving practical skills in vocational education: A meta-analysis. *Journal of Humanities*, 7(1), 45–60.

- Aksoy, G. (2022). Augmented reality in vocational education: A systematic review of trends and learning outcomes. *Education and Information Technologies*, 27(8), 11237–11266. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11087-4>
- Alharbi, A. (2022). Extended reality (XR) in technical training: A review of effectiveness and design implications. *Computers & Education: Artificial Intelligence*, 3, 100070. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100070>
- Antonietti, C., Stefanini, A., & Marchetti, A. (2022). Can teachers' digital competence influence technology acceptance in educational contexts? *Computers in Human Behavior*, 132, 107266. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107266>
- Azevedo, J., & Marques, M. (2023). Mobile learning in TVET: Evidence and implementation challenges. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 15(2), 1–19. <https://doi.org/10.4018/IJMBL.2023040101>
- Bakhtiari, S., Shamsi, P., & Tajalli, F. (2023). Digital simulation for skill acquisition in vocational training: A systematic review. *Computers & Education Open*, 4, 100124. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2023.100124>
- Billett, S. (2021). Integrating practice-based experiences into vocational education. *Journal of Vocational Education & Training*, 73(1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/13636820.2020.1844367>
- Bond, M., Buntins, K., Bedenlier, S., Zawacki-Richter, O., & Kerres, M. (2021). Mapping research in educational technology: A systematic review. *Computers & Education*, 162, 104091. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104091>
- Bond, M., Khosravi, H., De Laat, M., Negrea, V., Oxley, E., Chong, S. W., et al. (2024). A meta-systematic review of artificial intelligence in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21, Article 4. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00436-z>
- Bödding, R., Uhlemann, T., & Richter, J. (2025). Mixed reality in vocational education and training: A systematic review and meta-analysis. *Virtual Reality*, 29(1), 1–23. <https://doi.org/10.1007/s10055-025-01118-z>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2021). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE.
- Fang, J., Liu, Y., & Li, K. (2022). Virtual laboratories and simulation-based learning: Effects on procedural knowledge and skill transfer. *Computers & Education*, 186, 104534. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104534>
- Garzón, J. (2022). AI in education: A systematic review. *Computers & Education: Artificial Intelligence*, 3, 100056. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100056>
- Garzón, J. (2025). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Systems*, 9(8), 84. <https://doi.org/10.3390/systems9080084>
- Ifenthaler, D., & Yau, J. Y.-K. (2021). Utilising learning analytics to support study success. *Educational Technology Research and Development*, 69(3), 1961–1990. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09788-4>
- Kala, N. (2023). Cognitive load-based instructional design. *Australasian Journal of Educational Technology*, 39(4), 468–489. <https://doi.org/10.14742/ajet.8391>
- Khalil, M., & Ebner, M. (2022). Ethical challenges in learning analytics. *British Journal of Educational Technology*, 53(4), 901–920. <https://doi.org/10.1111/bjet.13202>

- Lampropoulos, G., & Kinshuk. (2024). Virtual reality and gamification in education. *Educational Technology Research and Development*, 72, 1691–1785. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10351-3>
- Liu, Y., Zhan, Q., & Zhao, W. (2023). VR/AR applications in vocational education: A systematic review. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2263043>
- Makransky, G., & Petersen, G. B. L. (2021). The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL). *Educational Psychology Review*, 33, 937–958. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- Martin, F., Lu, L., & Lam, M. (2024). Artificial intelligence in K–12 education: A systematic review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5, 100147. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100147>
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2021). Effectiveness of virtual reality-based instruction: Updated meta-analysis. *Computers & Education*, 171, 104229. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104229>
- Munisamy, T., Shanmugam, S., & Kaur, S. (2025). Learning management systems in TVET: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 30(2), 1–28. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12601-6>
- Noetel, M., Griffith, S., Delaney, O., Harris, N. R., Sanders, T., Parker, P., et al. (2022). Multimedia design for learning: A meta-meta-analysis. *Review of Educational Research*, 92(3), 413–454. <https://doi.org/10.3102/00346543211052329>
- OECD. (2021). *The future of vocational education and training*. OECD Publishing.
- OECD. (2023). *Education at a glance 2023: OECD indicators*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/e13bef63-en>
- Ouyang, F., Jiao, P., & Scharber, C. (2024). AI-driven learning analytics in CSCL: A systematic review. *Computers in Human Behavior*, 149, 107910. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2024.107910>
- Ouweland, K., Lespiau, F., Tricot, A., & Paas, F. (2025). Cognitive load theory: Emerging trends. *Education Sciences*, 15(4), 458. <https://doi.org/10.3390/educsci15040458>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Papuraj, A., Gajendran, T., & Brewer, G. (2025). Digital technologies and employability in vocational education. *Education and Information Technologies*, 30(2), 1–28.
- Rahmawati, A., Suryani, N., Akhyar, M., & Sukarmin, S. (2021). Vocational teachers' perspective toward Technological Pedagogical Vocational Knowledge. *Open Engineering*, 11(1), 390–400. <https://doi.org/10.1515/eng-2021-0040>
- Sailer, M., & Sailer, M. (2021). Gamification of learning: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 33, 77–112. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09574-6>
- Setiyawan, A., Soeharto, S., Wijaya, T. T., Korenova, L., & Lavicza, Z. (2025). AI-TPACK in vocational education. *Computers and Education Open*, 9, 100319. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100319>
- Sghir, N., Adadi, A., & Lahmer, M. (2023). Predictive learning analytics: A decade review. *Education and Information Technologies*, 28, 8299–8333. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11536-0>
- Suhail, N., Bahroun, Z., & Ahmed, V. (2024). Augmented reality in engineering and vocational education. *Frontiers in Virtual Reality*, 5, 1461145. <https://doi.org/10.3389/frvir.2024.1461145>

- Tiwari, S., Shekhar, S., & Kumar, R. (2024). Augmented reality for procedural skill learning. *Computers & Education*, 201, 104812. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.104812>
- UNESCO. (2022). *UNESCO strategy for TVET (2022–2029)*. UNESCO.
- UNESCO-UNEVOC. (2023). *Biennial report 2022–2023: Enhancing digital transformation in TVET*. UNESCO-UNEVOC.
- World Bank. (2023). *World development report 2023: Jobs*. World Bank.
- Zawacki-Richter, O., Bond, M., Marín, V. I., & Gouverneur, F. (2021). Artificial intelligence applications in higher education: A systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18, Article 18.
- Zhao, Y., Pugh, K., Sheldon, S., & Byers, J. L. (2022). Educational technology and student learning. *Educational Researcher*, 51(2), 89–100. <https://doi.org/10.3102/0013189X221074882>