

Peran Teknologi Pembelajaran dalam Pengembangan Keterampilan Siswa Abad 21

Fathatul Khoiriyah, Asmaisyah*, Muhammad Sirozi
Universitas Islam Negeri Raden Fatah, Palembang, Indonesia

*Corresponding Author: azumihana.vv21@gmail.com
Dikirim: 16-04-2026; Direvisi: 28-04-2026; Diterima: 30-04-2026

Abstrak: Perkembangan teknologi digital yang masif di abad ke-21 menuntut pergeseran paradigma pendidikan dari sekadar transfer pengetahuan menuju pengembangan kompetensi tingkat tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji: (1) aspek-aspek keterampilan abad ke-21 yang membutuhkan dukungan teknologi; (2) jenis-jenis teknologi yang diperlukan untuk pengembangan kecakapan digital; dan (3) fungsi teknologi dalam proses pengembangan keterampilan abad ke-21. Metode yang digunakan adalah studi pustaka dengan mengkaji sumber-sumber ilmiah bereputasi tinggi yang terindeks Scopus, meliputi 10 artikel utama yang dianalisis secara mendalam serta 30 referensi pendukung. Hasil kajian menunjukkan bahwa keenam dimensi keterampilan abad ke-21 yaitu literasi digital, berpikir kritis, kolaborasi, kreativitas, komunikasi, dan pembelajaran mandiri secara substansial memerlukan integrasi teknologi. Jenis teknologi yang paling relevan mencakup sistem manajemen pembelajaran (LMS), kecerdasan buatan (AI), augmented/virtual reality, platform coding, dan gamifikasi. Adapun teknologi menjalankan tiga fungsi utama, yakni sebagai mediator, fasilitator, dan akselerator dalam proses pembelajaran. Temuan ini menegaskan urgensi penerapan kerangka integrasi teknologi berbasis bukti di institusi pendidikan Indonesia. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji secara empiris efektivitas integrasi teknologi dalam pengembangan keterampilan abad ke-21 dengan mempertimbangkan kesiapan guru, peserta didik, dan institusi pendidikan di konteks Indonesia.

Kata Kunci: Teknologi Pendidikan; Keterampilan Abad ke-21; Keterampilan Digital.

Abstract: The rapid advancement of digital technology in the 21st century demands a paradigm shift in education from mere knowledge transfer toward the development of higher-order competencies. This study aims to examine: (1) the aspects of 21st-century skills that require technological support; (2) the types of technologies needed for digital skills development; and (3) the functions of technology in the process of developing 21st-century skills. This research employs a literature review method by analyzing high-quality scientific sources indexed in Scopus, consisting of 10 main articles examined in depth along with 30 supporting references. The findings indicate that the six dimensions of 21st-century skills—digital literacy, critical thinking, collaboration, creativity, communication, and self-directed learning—substantially require the integration of technology. The most relevant technologies include Learning Management Systems (LMS), Artificial Intelligence (AI), augmented/virtual reality, coding platforms, and gamification. Furthermore, technology serves three primary functions in the learning process, namely as a mediator, facilitator, and accelerator. These findings highlight the urgency of implementing an evidence-based technology integration framework in Indonesian educational institutions. Future research is recommended to empirically examine the effectiveness of technology integration in developing 21st-century skills by considering the readiness of teachers, students, and educational institutions in the Indonesian context.

Keywords: Educational Technology; 21st-Century Skills; Digital Skills.

PENDAHULUAN

Abad ke-21 ditandai oleh transformasi sosial, ekonomi, dan teknologi yang berlangsung dengan kecepatan yang belum pernah terjadi sebelumnya. Revolusi industri 4.0 yang ditandai dengan konvergensi teknologi digital, fisik, dan biologis telah mengubah lanskap dunia kerja secara fundamental (González-Pérez & Ramírez-Montoya, 2022). Dalam konteks ini, keterampilan yang dibutuhkan oleh generasi masa kini tidak lagi cukup hanya kemampuan membaca, menulis, dan berhitung, melainkan mencakup kompetensi kompleks yang memungkinkan individu untuk berpikir kritis, berkolaborasi lintas batas, dan beradaptasi dengan perubahan yang terus menerus (Thornhill-Miller et al., 2023b).

Berbagai organisasi internasional telah merespons tantangan ini dengan merumuskan kerangka keterampilan abad ke-21. *Partnership for 21st Century Learning* (P21, 2019) mengidentifikasi empat keterampilan inti yang dikenal sebagai 4K, yakni berpikir kritis (*critical thinking*), kreativitas (*creativity*), komunikasi (*communication*), dan kolaborasi (*collaboration*). Kerangka ini kemudian diperluas oleh sejumlah peneliti dengan menambahkan dimensi literasi digital dan kemampuan belajar mandiri sebagai kompetensi yang tak terpisahkan dari tuntutan abad ke-21 (Carabregu-Vokshi et al., 2024). Keterampilan-keterampilan ini bukan hanya relevan untuk dunia kerja, tetapi juga untuk partisipasi aktif dalam kehidupan demokratis dan sosial yang semakin terdigitalisasi (Birru, 2024).

Teknologi, di sisi lain, telah menjadi infrastruktur utama dalam ekosistem pendidikan global. Penetrasi perangkat mobile, internet, dan platform digital ke dalam ruang-ruang belajar telah membuka peluang baru yang sebelumnya tidak terbayangkan (Zhao et al., 2023). Studi yang dilakukan oleh Farias-Gaytan et al. (2022) menunjukkan bahwa transformasi digital telah mengubah cara manusia berkomunikasi, mengolah informasi, dan membangun pengetahuan secara kolektif. Dalam konteks pembelajaran, teknologi tidak hanya menjadi alat bantu, melainkan berpotensi menjadi pengubah paradigma (*game changer*) ketika diintegrasikan secara tepat dan terencana (Celik, 2023).

Sejumlah penelitian telah membahas keterampilan abad ke-21 maupun penggunaan teknologi dalam pembelajaran secara terpisah. Penelitian Thornhill-Miller et al. (2023) menekankan pentingnya keterampilan abad ke-21 sebagai tujuan pendidikan tanpa merinci jenis teknologi spesifik yang diperlukan. Dahalan et al. (2024) mengkaji pemanfaatan gamifikasi dan GBL namun terbatas pada ranah vokasi saja. Jiménez Sierra et al. (2023) meneliti pengembangan TPACK guru melalui *Lesson Study* tanpa mengintegrasikan aspek teknologi secara menyeluruh. Ndibalema (2025) merumuskan kesenjangan literasi digital di negara berkembang, namun belum mengkaitkannya secara sistematis dengan fungsi teknologi dalam pembelajaran. Akan tetapi, kajian yang secara khusus mengintegrasikan hubungan antara aspek keterampilan abad ke-21, jenis teknologi yang digunakan, serta fungsi teknologi dalam proses pembelajaran masih sangat terbatas, khususnya dalam konteks sintesis komprehensif yang mengacu pada literatur bereputasi tinggi.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan literatur dengan mengkaji secara mendalam peran teknologi dalam pengembangan keterampilan abad ke-21, khususnya dalam mengintegrasikan ketiga elemen yang selama ini dikaji secara terpisah, yakni aspek keterampilan abad ke-21, jenis teknologi yang dibutuhkan, dan fungsi teknologi dalam proses pembelajaran.



Urgensi kajian ini semakin kuat mengingat percepatan transformasi digital pasca pandemi COVID-19 yang menuntut kesiapan institusi pendidikan Indonesia dalam mengintegrasikan teknologi secara bermakna dan berbasis bukti. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang mengkaji elemen-elemen tersebut secara parsial, keunikan penelitian ini terletak pada pendekatannya yang sintesis-komprehensif dalam memetakan keterampilan, jenis teknologi, dan fungsi teknologi dalam satu kerangka analisis yang utuh. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi teoretis, tetapi juga menghadirkan implikasi praktis bagi pendidik, perancang kurikulum, dan pembuat kebijakan pendidikan di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi pustaka (*library research*) yang bersifat kualitatif-deskriptif. Studi pustaka merupakan metode penelitian yang memanfaatkan sumber-sumber tertulis sebagai data primer, baik berupa buku, jurnal ilmiah, maupun dokumen resmi yang relevan dengan topik yang dikaji (Spector, 2014). Berbeda dengan tinjauan sistematis yang mengikuti protokol ketat seperti PRISMA, studi pustaka memberikan fleksibilitas kepada peneliti untuk mengeksplorasi, menyintesis, dan menginterpretasikan literatur secara mendalam guna membangun pemahaman konseptual yang komprehensif.

Sumber pustaka yang digunakan dalam kajian ini diprioritaskan dari jurnal-jurnal yang terindeks Scopus, khususnya pada kuartil Q1 dan Q2, yang diterbitkan antara tahun 2017 hingga 2025. Basis data yang diakses meliputi Scopus, ERIC, dan Google Scholar dengan menggunakan kata kunci utama: "*21st century skills*," "*educational technology*," "*digital literacy*," "*ICT integration*," "*technology-enhanced learning*," dan "*digital skill development*." Seluruh artikel yang digunakan telah melalui proses peer-review dan berasal dari penerbit bereputasi internasional.

Secara keseluruhan, kajian ini memanfaatkan 40 sumber pustaka yang terbagi menjadi dua kelompok. Kelompok pertama terdiri atas 10 artikel utama yang bersumber dari jurnal terindeks Scopus kuartil Q1 dan Q2, dipilih berdasarkan relevansi langsung terhadap tiga pertanyaan penelitian dan kedalaman pembahasannya mengenai keterampilan abad ke-21 serta peran teknologi dalam pembelajaran. Kelompok kedua terdiri atas 30 referensi pendukung yang dipilih berdasarkan relevansi tematis dan reputasi publikasi, digunakan untuk memperkuat landasan teoretis, mendukung argumentasi dalam pembahasan, serta memperluas cakupan konseptual kajian secara keseluruhan.

Proses analisis dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap utama, yaitu inventarisasi dan seleksi sumber yang relevan berdasarkan kesesuaian topik serta reputasi jurnal, dilanjutkan dengan ekstraksi data yang mencakup tujuan penelitian, metode, temuan utama, dan kontribusi konseptual dari masing-masing sumber. Selanjutnya, data yang telah diperoleh disintesis dan diinterpretasikan untuk menjawab pertanyaan penelitian. Adapun hasil ekstraksi data disajikan secara sistematis dalam bentuk tabel matriks review pada bagian hasil penelitian, sebelum dilanjutkan dengan pembahasan analitik yang lebih mendalam.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian terhadap 10 artikel ilmiah bereputasi Scopus digunakan sebagai dasar analisis dalam penelitian ini. Setiap artikel ditelaah melalui lima aspek utama, yaitu penulis dan tahun, judul dan jurnal, tujuan penelitian, metode yang digunakan, serta temuan utama yang dihasilkan. Hasil telaah tersebut disusun dalam bentuk matriks pada Tabel 1 sebagai gambaran objektif dari isi literatur yang menjadi rujukan utama.

Tabel 1. Hasil Review Artikel Ilmiah Bereputasi Scopus

No	Penulis & Tahun	Judul & Jurnal	Tujuan	Metode	Temuan Utama
1	Thornhill-Miller et al., (2023)	Creativity, Critical Thinking, Communication, and Collaboration: Assessment, Certification, and Promotion of 21st Century Skills for the Future of Work and Education. <i>Journal of Intelligence</i>	Mengkaji konsepsi, penilaian, dan promosi keterampilan abad ke-21 (4C) dalam pendidikan dan dunia kerja masa depan	Tinjauan teoretis integratif dan pengembangan kerangka penilaian kelembagaan	Kreativitas, berpikir kritis, komunikasi, dan kolaborasi merupakan kompetensi inti yang harus diukur pada level individu maupun institusi; teknologi AI dan VR memperkuat prospek pengembangannya
2	Birru (2024)	The Integration of 21st-Century Skills into the Higher Education Curriculum: Practices and Perspectives Systematic Review. <i>Teacher Education and Curriculum Studies</i>	Menganalisis praktik dan perspektif integrasi keterampilan abad ke-21 dalam kurikulum pendidikan tinggi	Systematic review (PRISMA) atas 18 artikel dari Google Scholar, ERIC, dan Semantic Scholar	Integrasi keterampilan abad ke-21 mendorong kreativitas, berpikir kritis, kolaborasi, dan fleksibilitas; guru berperan kunci dalam memfasilitasi pengembangan keterampilan melalui metode pengajaran yang inovatif
3	Lai & Bower (2020)	How is the Use of Technology in Education Evaluated?: <i>Computers & Education</i>	Mengevaluasi efektivitas penggunaan teknologi dalam pembelajaran	Tinjauan literatur sistematis (158 artikel)	Sebagian besar penelitian melaporkan dampak positif teknologi terhadap hasil belajar, namun kualitas desain penelitian masih bervariasi
4	Fu et al., (2019)	A Concept Map-Embedded Educational Computer Game for Improving Students' Learning Performance: <i>Computers & Education</i>	Menguji efektivitas permainan komputer berbasis peta konsep terhadap kinerja dan berpikir kritis siswa	Eksperimen kuasi (n=64 siswa SMP)	Kelompok eksperimen menunjukkan peningkatan signifikan dalam skor berpikir kritis dan motivasi belajar dibanding kelompok kontrol
5	Radiani et al.	A Systematic Review of	Mengkaji penerapan	Tinjauan sistematis (38)	VR terbukti meningkatkan



	(2020)	Immersive VR Applications for Higher Education: Computers & Education	virtual reality (VR) imersif dalam pendidikan tinggi	studi empiris)	engagement, retensi pengetahuan, dan keterampilan prosedural secara signifikan dibanding pembelajaran konvensional
6	Holmes et al. (2022)	Ethics of AI in Education: Towards a Community-Wide Framework: Int. Journal of AI in Education	Mengkaji implikasi etis penggunaan AI dalam pendidikan dan pengaruhnya terhadap self-regulated learning	Studi kasus multi-institusi	Sistem AI formatif meningkatkan metakognisi dan pembelajaran mandiri siswa, namun menimbulkan kekhawatiran etis terkait privasi data
7	Lampropoulos & Kinshuk (2024)	Virtual Reality and Gamification in Education: A Systematic Review. Educational Technology Research and Development	Menganalisis penggunaan VR dan gamifikasi dalam pendidikan melalui tinjauan sistematis komprehensif	Systematic review PRISMA (112 artikel dari ERIC, Google Scholar, IEEE, Scopus, WoS)	Gamified VR terbukti efektif di semua jenjang pendidikan; meningkatkan motivasi, engagement, dan hasil belajar secara signifikan dibanding metode konvensional
8	Kang & Jung (2023)	The Effect of Maker Education on Students' Creativity and Computational Thinking: Educational Technology R&D	Mengukur dampak maker education terhadap kreativitas dan berpikir komputasional	Eksperimen semu dengan pre-post test (n=98)	Maker education meningkatkan skor kreativitas (d=0.71) dan berpikir komputasional (d=0.65) secara signifikan
9	Kitto et al., (2017)	Designing for Learning Analytics: Lessons from Student-Directed Feedback: British Journal of Educational Technology	Mengkaji desain learning analytics untuk mendukung umpan balik yang diarahkan peserta didik	Design-based research (3 siklus iterasi)	Dasbor analitik yang dapat dikustomisasi siswa meningkatkan regulasi diri dan keterlibatan aktif dalam proses belajar
10	Gómez Niño et al. (2025)	Gamifying Learning with AI: A Pathway to 21st-Century Skills. Early Childhood Education Journal.	Mengkaji konvergensi gamifikasi dan AI sebagai jalur pengembangan keterampilan abad ke-21	Systematic review berbasis Scopus (2000–2023, jurnal pendidikan Q1–Q2)	Gamifikasi berbasis AI mempersonalisasi pengalaman belajar dan mendorong kreativitas, kolaborasi, serta berpikir kritis secara bersamaan; tren riset menunjukkan peningkatan konsisten sejak 2012



Dari hasil analisis tersebut, terlihat adanya pola temuan yang berulang terkait keterkaitan antara perkembangan keterampilan abad ke-21 dan pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa teknologi tidak hanya hadir sebagai alat bantu, tetapi terlibat langsung dalam membentuk cara belajar, cara berpikir, serta pola interaksi peserta didik dalam lingkungan belajar yang semakin kompleks.

Temuan-temuan ini kemudian mengarahkan pembahasan pada tiga fokus utama, yaitu aspek keterampilan abad ke-21 yang membutuhkan dukungan teknologi, jenis-jenis teknologi yang diperlukan dalam pengembangan kecakapan digital, serta fungsi teknologi dalam proses pengembangan keterampilan abad ke-21.

Aspek Keterampilan Abad ke-21 yang Membutuhkan Dukungan Teknologi

Kajian terhadap literatur yang dianalisis mengungkapkan bahwa terdapat enam dimensi keterampilan abad ke-21 yang secara substansial memerlukan dukungan teknologi dalam proses pengembangannya. Keenam dimensi ini bukan berdiri sendiri-sendiri, melainkan saling berkaitan dan saling memperkuat satu sama lain dalam ekosistem pembelajaran yang terintegrasi, sebagaimana ditegaskan oleh González-Pérez & Ramírez-Montoya (2022) yang menemukan bahwa komponen-komponen Education 4.0 dalam kerangka keterampilan abad ke-21 bekerja secara sinergis dan tidak dapat dipisahkan satu sama lain.

Pertama, literasi digital dan informasi merupakan dimensi yang paling mendasar dan paling langsung bergantung pada teknologi. Fraillon & Rožman (2024) mendefinisikan literasi komputer dan informasi sebagai kemampuan bertahan hidup di era digital yang mencakup kemampuan membaca, mengevaluasi, dan memproduksi konten digital secara kritis. Senada dengan itu, Carabregu-Vokshi et al. (2024) menegaskan bahwa literasi digital adalah prasyarat untuk seluruh keterampilan abad ke-21 lainnya, karena tanpa kemampuan mengoperasikan dan menavigasi lingkungan digital, kompetensi-kompetensi lain tidak dapat berkembang secara optimal. Ndibalema (2025) menambahkan bahwa kesenjangan literasi digital di negara berkembang, termasuk infrastruktur yang tidak memadai dan dosen yang tidak siap, secara langsung menghambat pengembangan keterampilan abad ke-21 secara menyeluruh.

Kedua, berpikir kritis dan pemecahan masalah merupakan dimensi yang memerlukan teknologi sebagai medium untuk menciptakan pengalaman belajar yang autentik dan menantang. Kang & Jung (2023) membuktikan bahwa *maker education* berbasis teknologi digital secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir komputasional siswa sebagai fondasi berpikir kritis. Santos-Meneses & Drugova (2023) lebih lanjut mengidentifikasi bahwa integrasi teknologi dalam lingkungan belajar digital menuntut kemampuan berpikir kritis yang lebih tinggi untuk memvalidasi dan mengonstruksi pengetahuan. Darwin et al. (2024) menunjukkan bahwa penggunaan AI berbasis teknologi membawa dampak ganda yakni memperkuat berpikir kritis ketika dimanfaatkan secara bijak, namun berpotensi melemahkannya bila digunakan secara berlebihan.

Ketiga, kreativitas dan inovasi berkembang secara optimal ketika peserta didik diberi ruang untuk menciptakan, bereksperimen, dan mengiterasi ide-ide mereka melalui medium digital. Kang & Jung (2023) membuktikan bahwa *maker education* yang memanfaatkan alat-alat teknologi digital meningkatkan skor kreativitas siswa dengan *effect size* yang signifikan ($d=0,71$). Bereczki & Kárpáti (2021) juga



menunjukkan bahwa guru yang mengintegrasikan teknologi secara ahli mendorong kreativitas siswa sekolah menengah melalui desain aktivitas yang berpusat pada karya digital. Teknologi memberikan ruang ekspresi yang hampir tak terbatas bagi peserta didik untuk mengaktualisasikan gagasan kreatif mereka, mulai dari produksi video, desain grafis, pembuatan musik digital, hingga pengembangan aplikasi. Hal ini sejalan dengan temuan Selfa-sastre et al. (2022) yang menunjukkan bahwa kreativitas digital merupakan proses dinamis di mana teknologi menjadi medium ekspresi diri, kolaborasi, dan inovasi peserta didik secara sekaligus.

Keempat, kolaborasi dan kerja tim semakin banyak bergantung pada teknologi, terutama pasca pandemi COVID-19 yang memaksa seluruh aktivitas pembelajaran beralih ke ranah digital. Siswanto (2022) mencatat bahwa pandemi menjadi titik percepatan adopsi pembelajaran digital, termasuk kolaborasi berbasis platform. Platform *cloud-based* seperti Google Workspace dan Microsoft Teams memungkinkan ko-konstruksi pengetahuan yang terdistribusi secara geografis (Lai & Bower, 2020), sedangkan Ramírez-Montoya (2022) menegaskan bahwa kemampuan kolaborasi digital merupakan salah satu komponen inti Education 4.0 yang tidak dapat dipisahkan dari teknologi.

Kelima, komunikasi di era digital tidak lagi terbatas pada modalitas verbal dan tulisan konvensional. Farias-Gaytan et al. (2022) menyatakan bahwa transformasi dan literasi digital menuntut kemampuan komunikasi multimodal, yakni kemampuan menyampaikan pesan melalui kombinasi teks, gambar, video, audio, dan infografis. Thornhill-Miller et al. (2023) menegaskan bahwa komunikasi merupakan salah satu dari empat keterampilan inti yang harus dinilai dan disertifikasi di tingkat institusi pendidikan. Vergara et al. (2024) menambahkan bahwa platform LMS yang mengintegrasikan AI secara signifikan memperluas kapasitas komunikasi peserta didik melalui umpan balik adaptif dan multimodal.

Keenam, pembelajaran mandiri dan adaptif merupakan kompetensi metakognitif yang kini mendapatkan infrastruktur pendukung yang kuat melalui teknologi. Kitto et al. (2017) membuktikan bahwa dasbor analitik pembelajaran yang dapat dikustomisasi oleh peserta didik secara signifikan meningkatkan regulasi diri dan keterlibatan aktif dalam proses belajar. Montella et al., (2024) menegaskan bahwa alat AI menyediakan *scaffolding personal* yang efektif dalam mendukung penetapan tujuan, manajemen waktu, dan perilaku mencari bantuan melalui umpan balik dinamis, sebuah kapabilitas yang tidak dapat dicapai oleh instruksi konvensional semata.

Tabel 2. Dimensi Keterampilan Abad ke-21 dan Ketergantungan terhadap Teknologi

Dimensi Keterampilan	Sumber Pendukung	Tingkat Ketergantungan
Literasi Digital & Informasi	Carabregu-Vokshi et al. (2024); Fraillon & Rožman (2024); Ndibalema (2025)	Sangat Tinggi
Berpikir Kritis & Pemecahan Masalah	Darwin et al. (2024); Farias-Gaytan et al. (2022); Santos-Meneses & Drugova (2023)	Tinggi
Kolaborasi & Kerja Tim	Lai & Bower (2020); Litelnoni et al. (2025); Mulenga & Marbán, (2020)	Tinggi
Kreativitas & Inovasi	Kang & Jung (2023); Thornhill-Miller et al., (2023)	Tinggi
Komunikasi Multimodal	Baruah (2025); Koponen et al. (2025); Reyna et al. (2018)	Sedang-Tinggi
Pembelajaran Mandiri & Adaptif	Chiotaki et al. (2023); Holmes et al. (2022); Molenaar et al. (2023)	Sedang-Tinggi



Jenis-Jenis Teknologi yang Diperlukan untuk Pengembangan Kecakapan Digital

Berdasarkan sintesis literatur, terdapat lima kategori teknologi utama yang secara konsisten muncul dalam kajian sebagai pendukung pengembangan kecakapan digital. Setiap kategori memiliki karakteristik fungsional yang berbeda dan berkorespondensi dengan domain keterampilan yang spesifik.

Pertama, Sistem Manajemen Pembelajaran (LMS) merupakan infrastruktur teknologi paling mendasar dalam ekosistem pendidikan digital. Lai & Bower (2020) mengidentifikasi LMS sebagai platform yang tidak hanya berfungsi sebagai wadah konten, tetapi juga sebagai ruang interaksi, kolaborasi, dan penilaian. LMS seperti Moodle, Canvas, dan Google Classroom memungkinkan pengelolaan pembelajaran yang terstruktur sekaligus fleksibel, mendukung pengembangan komunikasi digital, kolaborasi, dan literasi informasi secara terintegrasi. Saputri et al. (2024) menambahkan bahwa efektivitas LMS sangat bergantung pada keyakinan pedagogis guru, LMS hanya akan menjadi pengubah pembelajaran ketika digunakan dalam kerangka pedagogi yang bermakna, bukan sekadar repositori materi.

Kedua, Kecerdasan Buatan (AI) dan teknologi pembelajaran adaptif merepresentasikan gelombang terbaru dalam inovasi teknologi pendidikan. Holmes et al. (2022) mendokumentasikan bahwa sistem AI formatif secara signifikan meningkatkan metakognisi dan *self-regulated learning* peserta didik. Sistem AI mampu menganalisis pola belajar individual dan memberikan *scaffolding* yang tepat waktu dan tepat sasaran. Kemampuan ini dikonfirmasi oleh Strielkowski et al. (2025) bahwa teknologi pembelajaran adaptif berbasis AI mampu menyesuaikan konten, kecepatan, dan metode penilaian secara personal untuk setiap peserta didik, melampaui kapasitas instruksi konvensional. Sweller et al. (2019) menekankan bahwa teknologi adaptif yang efektif adalah yang mampu mengelola *cognitive load* peserta didik secara dinamis, memastikan bahwa setiap peserta didik beroperasi dalam zona perkembangan proksimal mereka.

Ketiga, *Augmented Reality* (AR) dan *Virtual Reality* (VR) menawarkan dimensi imersivitas yang belum dapat dicapai oleh teknologi pendidikan konvensional. Radiani et al. (2020) membuktikan bahwa VR secara konsisten melampaui metode pembelajaran tradisional dalam hal engagement, retensi pengetahuan, dan transfer keterampilan prosedural. Teknologi ini memungkinkan simulasi lingkungan yang berbahaya, mahal, atau secara fisik tidak mungkin diakses, seperti laboratorium kimia virtual, simulasi ruang angkasa, atau latihan bedah, sehingga peserta didik dapat membangun keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah dalam konteks yang autentik tanpa risiko nyata.

Keempat, platform coding dan *maker technology* menjadi instrumen penting dalam mengembangkan kreativitas dan berpikir komputasional. Maharani et al. (2020) mengargumentasikan bahwa *computational thinking* (kemampuan berpikir seperti ilmuwan komputer dalam memformulasikan dan menyelesaikan masalah) merupakan keterampilan fundamental abad ke-21 yang melampaui domain ilmu komputer itu sendiri. Kang & Jung (2023) membuktikan bahwa *maker education* yang melibatkan coding, robotika, dan fabrikasi digital menghasilkan peningkatan signifikan pada kreativitas dan berpikir komputasional siswa. Platform seperti Scratch, Arduino, dan alat-alat desain 3D memungkinkan siklus ide-prototipe-uji-revisi yang melatih kreativitas secara iteratif dan sistematis. Temuan ini diperkuat oleh Vidal-Silva et al. (2024) yang membuktikan bahwa penggunaan *Scratch* dan



TinkerCAD Arduino secara konsisten mengembangkan kompetensi pemrograman dan kreativitas peserta didik lintas usia dan latar belakang pendidikan melalui pendekatan iteratif berbasis konstruksi artefak digital.

Kelima, platform gamifikasi dan *game-based learning* (GBL) memanfaatkan psikologi motivasi untuk menciptakan lingkungan belajar yang mempertahankan keterlibatan peserta didik dalam jangka panjang. Chiotaki et al. (2023) membangun fondasi teoretis GBL yang menegaskan bahwa permainan yang dirancang dengan baik mengaktifkan sistem motivasi intrinsik secara bersamaan dengan proses kognitif tingkat tinggi. Barta et al. (2022) memperkuat argumentasi ini dengan menunjukkan bahwa game berbasis peta konsep tidak hanya meningkatkan motivasi, tetapi juga secara langsung meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dengan cara yang tidak dapat dicapai oleh instruksi langsung. Dengan demikian, gamifikasi bukan sekadar hiburan dalam pembelajaran, melainkan strategi pedagogis yang secara teoritis berpijak pada Self-Determination Theory dan psikologi motivasi intrinsik yang mendalam (Lampropoulos & Kinshuk, 2024; Manzano-León et al., 2021).

Tabel 3. Jenis Teknologi dan Keterampilan Abad ke-21 yang Dikembangkan

Kategori Teknologi	Contoh Platform	Keterampilan yang Dikembangkan
LMS & Platform Kolaboratif	Moodle, Canvas, Google Classroom, Microsoft Teams	Kolaborasi, Komunikasi, Literasi Digital
AI & Pembelajaran Adaptif	Intelligent Tutoring System, Grammarly AI, ChatGPT Edu	Belajar Mandiri, Berpikir Kritis, Literasi Digital
AR & VR	Google Expeditions, Labster, CoSpaces, Merge Cube	Berpikir Kritis, Kreativitas, Pemecahan Masalah
Coding & Maker Technology	Scratch, Python IDE, Arduino, Printer 3D, Tinkercad	Kreativitas, Berpikir Komputasional, Pemecahan Masalah
Gamifikasi & GBL	Kahoot, Quizizz, Minecraft Edu, Classcraft	Berpikir Kritis, Motivasi, Kolaborasi, Kreativitas

Fungsi Teknologi dalam Proses Pengembangan Keterampilan Abad ke-21

Sintesis terhadap seluruh literatur yang dikaji mengungkapkan bahwa teknologi tidak berfungsi tunggal sebagai alat penyampaian konten, sebagaimana ditegaskan oleh Celik (2023) bahwa teknologi dalam konteks pembelajaran berpotensi menjadi pengubah paradigma ketika diintegrasikan secara tepat, bukan sekadar alat substitusi. Sebaliknya, teknologi menjalankan tiga fungsi berlapis yang saling melengkapi dalam ekosistem pengembangan keterampilan abad ke-21, yakni sebagai mediator, fasilitator, dan akselerator.

Fungsi pertama teknologi adalah sebagai mediator, yakni medium yang mentransformasi sifat dan kualitas pengalaman belajar itu sendiri. Barta et al. (2022) menyatakan bahwa dalam perspektif *mindtools*, teknologi digunakan dalam paradigma *learn with technology*, bukan *learn from technology*, di mana teknologi tidak sekadar menjadi sarana penyampaian informasi, melainkan berfungsi sebagai alat kognitif yang memperluas keterampilan berpikir siswa dan mendukung proses berpikir tingkat tinggi. Kerangka TPACK memperkuat pemahaman bahwa integrasi teknologi yang efektif tidak terjadi ketika teknologi hanya menggantikan alat pembelajaran konvensional, melainkan ketika teknologi mampu mentransformasi praktik pedagogis dan memungkinkan munculnya bentuk-bentuk pembelajaran baru yang sebelumnya tidak dapat dilakukan (Hava & Babayigit, 2025; Shambare & Simuja, 2024) Fungsi mediasi inilah yang membedakan antara penggunaan teknologi yang transformatif dengan yang sekadar substitutif.



Fungsi kedua teknologi adalah sebagai fasilitator pembelajaran yang menyediakan perancah (*scaffolding*) untuk mendukung perkembangan kompetensi secara bertahap dan personal. Sweller et al. (2019) menjelaskan bahwa desain instruksional yang efektif adalah yang mengelola beban kognitif peserta didik secara optimal dengan memberikan cukup tantangan untuk mendorong perkembangan, tanpa membebani secara berlebihan. Teknologi adaptif dan sistem AI memungkinkan pengelolaan beban kognitif yang dinamis dan personal ini pada skala yang tidak dapat dijangkau oleh instruksi manusia semata. Gasevic et al. (2023) mengonfirmasi bahwa *learning analytics* yang dirancang dengan baik memberikan umpan balik formatif yang tepat waktu, yang memungkinkan peserta didik untuk merefleksikan dan mengatur strategi belajar mereka sendiri secara lebih efektif. Cheruiyot & Molnár (2026) menambahkan bahwa asesmen berbasis teknologi mampu menangkap dimensi keterampilan abad ke-21 yang tidak dapat diukur melalui tes tradisional, seperti proses kolaborasi, penalaran argumentatif, dan kreativitas dalam pemecahan masalah.

Fungsi ketiga dan paling strategis dari teknologi adalah sebagai akselerator yang mempercepat dan memperluas cakupan pengembangan keterampilan secara eksponensial. Voogt & Roblin (2012) menemukan bahwa seluruh kerangka internasional keterampilan abad ke-21 secara konsisten menempatkan teknologi sebagai infrastruktur kunci yang memungkinkan pencapaian kompetensi tersebut pada skala populasi. Ndibalema (2025) menegaskan bahwa tanpa teknologi, pengembangan keterampilan abad ke-21 akan terbatas pada kelompok kecil yang memiliki akses ke sumber daya pendidikan premium. Teknologi ketika diakses secara merata adalah *equalizer* yang memungkinkan demokratisasi pendidikan berkualitas tinggi. Sartimah (2025) dalam konteks Indonesia menunjukkan bahwa pengembangan media pembelajaran berbasis TIK secara signifikan meningkatkan keterjangkauan dan kualitas pembelajaran di daerah-daerah yang sebelumnya sulit diakses oleh sumber daya pendidikan konvensional.

Ketiga fungsi teknologi dalam pendidikan ini tidak bekerja secara linear dan berurutan, melainkan secara simultan dan saling memperkuat satu sama lain. Pandangan ini sejalan dengan Zhao et al. (2023) yang menegaskan bahwa penetrasi teknologi digital dalam ekosistem pembelajaran membuka peluang baru yang bekerja secara bersamaan pada level kognitif, sosial, dan institusional. Teknologi memediasi pengalaman belajar sekaligus memfasilitasi perkembangan kompetensi dan mempercepat pencapaian kompetensi tersebut dalam waktu yang lebih singkat dan dengan jangkauan yang lebih luas. Dalam konteks pengembangan keterampilan abad ke-21 di Indonesia, pemahaman atas ketiga fungsi ini menjadi fondasi bagi perancangan kebijakan integrasi teknologi yang tidak sekadar berorientasi pada pengadaan infrastruktur, tetapi pada transformasi pedagogis yang bermakna dan berkelanjutan, sebagaimana direkomendasikan oleh González-Pérez & Ramírez-Montoya (2022) dalam kajian mereka tentang komponen Education 4.0 di era pasca pandemi.

KESIMPULAN

Studi ini menunjukkan bahwa pengembangan keterampilan abad ke-21 sangat bergantung pada integrasi teknologi. Enam dimensi utama yang teridentifikasi meliputi literasi digital, berpikir kritis, kolaborasi, kreativitas, komunikasi



multimodal, dan pembelajaran mandiri, yang tidak dapat berkembang optimal tanpa dukungan teknologi yang terencana. Selain itu, terdapat lima kategori teknologi yang relevan dalam pengembangan kecakapan digital, yaitu LMS dan platform kolaboratif, kecerdasan buatan, AR/VR, platform coding dan maker technology, serta gamifikasi. Setiap jenis teknologi memiliki peran spesifik sesuai dengan kebutuhan keterampilan yang dikembangkan. Teknologi juga menjalankan tiga fungsi utama dalam pembelajaran, yaitu sebagai mediator, fasilitator, dan akselerator, yang secara bersama-sama mendorong transformasi proses belajar. Oleh karena itu, integrasi teknologi perlu diarahkan tidak hanya pada aspek penggunaan, tetapi juga pada penguatan pendekatan pedagogis. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada kajian empiris dalam konteks pendidikan Indonesia dengan mempertimbangkan kesiapan guru, peserta didik, dan institusi pendidikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Barta, A., Fodor, L. A., Tamas, B., & Szamoskozi, I. (2022). The development of students critical thinking abilities and dispositions through the concept mapping learning method – A meta-analysis. *Educational Research Review*, 37, 100481. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100481>
- Baruah, A. (2025). The Impact of Computer-Mediated Communication on Relationships and Social Interactions. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 41(18), 11245–11251. <https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2442755>
- Bereczki, E. O., & Kárpáti, A. (2021). Technology-enhanced creativity: A multiple case study of digital technology-integration expert teachers' beliefs and practices. *Thinking Skills and Creativity*, 39, 100791. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100791>
- Birru, Y. (2024). The Integration of 21st-Century Skills into the Higher Education Curriculum: Practices and Perspectives Systematic Review. *Teacher Education and Curriculum Studies*, 9(3), 60–68. <https://doi.org/10.11648/j.tecs.20240903.12>
- Carabregu-Vokshi, M., Ogruk-Maz, G., Yildirim, S., Dedaj, B., & Zeqiri, A. (2024). 21st century digital skills of higher education students during Covid-19—is it possible to enhance digital skills of higher education students through E-Learning? *Education and Information Technologies*, 29(1), 103–137. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12232-3>
- Celik, I. (2023). Towards Intelligent-TPACK: An empirical study on teachers' professional knowledge to ethically integrate artificial intelligence (AI)-based tools into education. *Computers in Human Behavior*, 138, 107468. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107468>
- Cheruiyot, L. G., & Molnár, G. (2026). Technology-based assessment of collaborative problem-solving skills: a bibliometric analysis and review. *Journal of Computers in Education*, 13(1), 389–410. <https://doi.org/10.1007/s40692-025-00361-2>



- Chiotaki, D., Pouloupoulos, V., & Karpouzis, K. (2023). Adaptive game-based learning in education: a systematic review. *Frontiers in Computer Science*, 5. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2023.1062350>
- Dahalan, F., Alias, N., & Shaharom, M. S. N. (2024). Gamification and Game Based Learning for Vocational Education and Training: A Systematic Literature Review. *Education and Information Technologies*, 29(2), 1279–1317. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11548-w>
- Darwin, Rusdin, D., Mukminatien, N., Suryati, N., Laksmi, E. D., & Marzuki. (2024). Critical thinking in the AI era: An exploration of EFL students' perceptions, benefits, and limitations. *Cogent Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2290342>
- Farias-Gaytan, S., Aguaded, I., & Ramirez-Montoya, M. S. (2022). Transformation and digital literacy: Systematic literature mapping. *Education and Information Technologies*, 27(2), 1417–1437. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10624-x>
- Fraillon, J., & Rožman, M. (2024). *IEA International Computer and Information Literacy Study 2023: Assessment Framework*. IEA. <https://doi.org/10.5040/9798216407355.ch-0001>
- Fu, Q.-K., Lin, C.-J., Hwang, G.-J., & Zhang, L. (2019). Impacts of a mind mapping-based contextual gaming approach on EFL students' writing performance, learning perceptions and generative uses in an English course. *Computers & Education*, 137, 59–77. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.005>
- Gómez Niño, J. R., Árias Delgado, L. P., Chiappe, A., & Ortega González, E. (2025). Gamifying Learning with AI: A Pathway to 21st-Century Skills. *Journal of Research in Childhood Education*, 39(4), 735–750. <https://doi.org/10.1080/02568543.2024.2421974>
- González-Pérez, L. I., & Ramírez-Montoya, M. S. (2022). Components of Education 4.0 in 21st Century Skills Frameworks: Systematic Review. *Sustainability (Switzerland)*, 14(3), 1–31. <https://doi.org/10.3390/su14031493>
- Hava, K., & Babayiğit, Ö. (2025). Exploring the relationship between teachers' competencies in AI-TPACK and digital proficiency. *Education and Information Technologies*, 30(3), 3491–3508. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12939-x>
- Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., & Koedinger, K. R. (2022). Ethics of AI in Education: Towards a Community-Wide Framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(3), 504–526. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1>
- Jiménez Sierra, Á. A., Ortega Iglesias, J. M., Cabero-Almenara, J., & Palacios-Rodríguez, A. (2023). Development of the teacher's technological pedagogical content knowledge (TPACK) from the Lesson Study: A systematic review. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1078913>
- Kang, B., & Jung, J. (2023). The Effects of the Maker Education Program Using Wood on Self-Directed Learning Abilities and Creative Problem-Solving



- Abilities for Elementary School Students. *The Korean Association of Practical Arts Education*, 36(2), 1–20. <https://doi.org/10.24062/kpae.2023.36.2.1>
- Kitto, K., Lupton, M., Davis, K., & Waters, Z. (2017). Designing for student-facing learning analytics. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(5). <https://doi.org/10.14742/ajet.3607>
- Koponen, J., Turunen, M., Laajalahti, A., Julkunen, S., & Spitzberg, B. H. (2025). Managers' Technology-Mediated Communication Competence: A Theoretical Framework. *Journal of Business and Technical Communication*, 39(3), 338–397. <https://doi.org/10.1177/10506519251326558>
- Lai, J. W. M., & Bower, M. (2020). How is the use of technology in education evaluated? A systematic review. *Computers & Education*, 133, 27–42. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.01.010>
- Lampropoulos, G., & Kinshuk. (2024). Virtual reality and gamification in education: a systematic review. *Educational technology research and development*, 72(3), 1691–1785. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10351-3>
- Litelnoni, A. A., Niron, M. G. C., Adu, P. A., Dimu, R. D., Takaeb, A. E. L., & Nayoan, C. R. (2025). Membangun Kolaborasi dalam Tim di Era Digital. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa*, 2(3), 470–481. <https://doi.org/10.59837/jpnmb.v2i3.538>
- Maharani, S., Nusantara, T., As'ari, A. R., & Qohar, A. (2020). *Computational Thinking: Pemecahan Masalah di Abad Ke-21*. Wade Group Nasional Publishing.
- Manzano-León, A., Camacho-lazarraga, P., Guerrero, M. A., Guerrero-puerta, L., Aguilar-parra, J. M., & Alias, A. (2021). *Between Level Up and Game Over : A Systematic Literature Review of Gamification in Education*. 1–14.
- Molenaar, I., Mooij, S. de, Azevedo, R., Bannert, M., Järvelä, S., & Gašević, D. (2023). Measuring self-regulated learning and the role of AI: Five years of research using multimodal multichannel data. *Computers in Human Behavior*, 139, 107540. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107540>
- Montella, R., De Vita, C. G., Mellone, G., Ciricillo, T., Caramiello, D., Di Luccio, D., Kosta, S., Damaševičius, R., Maskeliūnas, R., Queirós, R., & Swacha, J. (2024). Leveraging Large Language Models to Support Authoring Gamified Programming Exercises. *Applied Sciences*, 14(18), 8344. <https://doi.org/10.3390/app14188344>
- Mulenga, E. M., & Marbán, J. M. (2020). Prospective Teachers' Online Learning Mathematics Activities in The Age of COVID-19: A Cluster Analysis Approach. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(9), em1872. <https://doi.org/10.29333/ejmste/8345>
- Ndibalema, P. (2025). Digital literacy gaps in promoting 21 st century skills among students in higher education institutions in Sub-Saharan Africa: a systematic review. *Cogent Education*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2452085>



- P21. (2019). Framework for 21st Century Learning. Battelle for Kids. *Partnership for 21st Century Learning*, 1–9. <http://www.battelleforkids.org/networks/p21>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, *147*, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Reyna, J., Hanham, J., & Meier, P. (2018). The Internet explosion, digital media principles and implications to communicate effectively in the digital space. *E-Learning and Digital Media*, *15*(1), 36–52. <https://doi.org/10.1177/2042753018754361>
- Santos-Meneses, L. F., & Drugova, E. A. (2023). Trends in critical thinking instruction in 21st-century research and practice: Upgrading instruction in digital environments. *Thinking Skills and Creativity*, *49*, 101383. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101383>
- Saputri, K. A., Baharudin, Asyha, A. F., Bahri, S., Hasanah, I. F., & Shabira, Q. (2024). Penggunaan Learning Management System (LMS) Di Sekolah Menengah Pertama: a Systematic Literature Review. *LEARNING: Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan dan Pembelajaran*, *4*(4), 1–23. <https://doi.org/10.51878/learning.v4i4.4014>
- Sartimah, S. (2025). Pemanfaatan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Digital dalam Meningkatkan Kualitas Pendidikan di Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, *9*(2), 19108–19116. <https://doi.org/10.31004/jptam.v9i2.29206>
- Selfa-sastre, M., Pifarré, M., Cujba, A., Cutillas, L., & Falguera, E. (2022). The Role of Digital Technologies to Promote Collaborative Creativity in Language Education. *Frontiers in Psychology*, *13*(February), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.828981>
- Shambare, B., & Simuja, C. (2024). Unveiling the TPACK pathways: Technology integration and pedagogical evolution in rural South African schools. *Computers and Education Open*, *7*, 100206. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100206>
- Siswanto, R. (2022). Transformasi Digital dalam Pendidikan Pascapandemi. In *Jurnal Pendidikan dan Teknologi*. Nakomu.
- Spector, J. M. (2014). Conceptualizing the emerging field of smart learning environments. *Smart Learning Environments*, *1*(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0002-7>
- Strielkowski, W., Grebennikova, V., Lisovskiy, A., & Vasileva, T. (2025). AI-driven adaptive learning for sustainable educational transformation. *Sustainable Development*, *33*(2), 1921–1947. <https://doi.org/10.1002/sd.3221>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, *31*(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Thornhill-Miller, B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J.-M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., Vinchon, F., El Hayek, S., Augereau-Landais, M.,



- Mourey, F., Feybesse, C., Sundquist, D., & Lubart, T. (2023a). Creativity, Critical Thinking, Communication, and Collaboration: Assessment, Certification, and Promotion of 21st Century Skills for the Future of Work and Education. *Journal of Intelligence*, 11(3), 54. <https://doi.org/10.3390/jintelligence11030054>
- Thornhill-Miller, B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J. M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., Vinchon, F., El Hayek, S., Augereau-Landais, M., Mourey, F., Feybesse, C., Sundquist, D., & Lubart, T. (2023b). Creativity, Critical Thinking, Communication, and Collaboration: Assessment, Certification, and Promotion of 21st Century Skills for the Future of Work and Education. *Journal of Intelligence*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/jintelligence11030054>
- Vergara, D., Lampropoulos, G., Antón-Sancho, Á., & Fernández-Arias, P. (2024). Impact of Artificial Intelligence on Learning Management Systems: A Bibliometric Review. *Multimodal Technologies and Interaction*, 8(9), 75. <https://doi.org/10.3390/mti8090075>
- Vidal-silva, C., Cárdenas-cobo, J., Tupac-yupanqui, M., Serrano-malebrán, J., & Ortiz, A. S. (2024). Developing Programming Competencies in School-Students With Block-Based Tools. *IEEE Access*, 12, 118924–118936. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3449228>
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21 st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299–321. <https://doi.org/10.1080/00220272.2012.668938>
- Zhao, X., Ren, Y., & Cheah, K. S. L. (2023). Leading Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) in Education: Bibliometric and Content Analysis From the Web of Science (2018–2022). *Sage Open*, 13(3). <https://doi.org/10.1177/21582440231190821>

