

**PENGEMBANGAN KOMPETENSI ABAD 21 MELALUI INTEGRASI MODEL
PEMBELAJARAN INOVATIF DAN TEKNOLOGI DIGITAL:
A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW**

Siti Eka Retnaningsih^{1*)}, A'zizah Shobiroh²⁾, Langgeng Rizkiyah³⁾, Iin Isnaeni⁴⁾, Rifka Kamalia Wardani⁵⁾, Ikeu Liana Dewi⁶⁾, Anah Maemanah⁷⁾.

¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾ Program Studi, Pendidikan MIPA, Pascasarjana, Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta, Indonesia
e-mail: azizahshobiroh99@gmail.com

(Received 27 Desember 2025, Accepted 23 Januari 2026)

Abstract

Education in the digital era requires the strengthening of 21st-century competencies, including critical thinking, creativity, collaboration, communication, and digital literacy. Various innovative learning models and digital technologies have been implemented to support these competencies; however, research findings remain fragmented. The primary objective of this research is to synthesize existing literature regarding how innovative pedagogical models synergize with digital technology to foster 21st-century skills. A Systematic Literature Review (SLR) following the PRISMA approach was conducted on 15 national and international journal articles published between 2018 and 2024. The findings indicate that learning models such as Problem-Based Learning, Project-Based Learning, STEM, flipped classroom, and technology-based gamification, supported by digital media including Augmented Reality and virtual simulations, positively contribute to the development of 21st-century competencies. Nevertheless, most studies are short-term and lack comprehensive competency assessment. Therefore, further longitudinal research and the development of standardized assessment instruments are recommended.

Keywords: 21st-century competencies, innovative learning, digital technology, systematic literature review

Abstrak

Pendidikan di era digital menuntut penguatan kompetensi abad 21 yang meliputi berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, komunikasi, serta literasi digital. Berbagai model pembelajaran inovatif dan teknologi digital telah diterapkan untuk mendukung pengembangan kompetensi tersebut, namun hasil penelitian masih tersebar dan belum terintegrasi secara sistematis. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengembangan kompetensi abad 21 melalui integrasi model pembelajaran inovatif dan teknologi digital. Studi ini mengadopsi pendekatan PRISMA dalam kerangka *Systematic Literature Review* (SLR) untuk menelaah 15 artikel jurnal nasional dan internasional yang terbit pada rentang tahun 2018–2024. Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran seperti *Problem-Based Learning*, *Project-Based Learning*, *STEM*, *flipped classroom*, dan gamifikasi berbasis teknologi, yang didukung oleh media digital seperti *Augmented Reality* dan simulasi virtual, berkontribusi positif terhadap pengembangan kompetensi abad 21. Namun, sebagian besar penelitian masih bersifat jangka pendek dan belum didukung oleh asesmen kompetensi yang komprehensif. Implikasinya, diperlukan penelitian lanjutan yang bersifat longitudinal dan pengembangan instrumen asesmen yang terstandar.

Kata Kunci: kompetensi abad 21, pembelajaran inovatif, teknologi digital, systematic literature review

PENDAHULUAN

Dewasa ini, dinamika masif pada sektor teknologi, ekonomi, dan sosial menciptakan tantangan pendidikan yang terus mengalami perkembangan. Pada Revolusi Industri 4.0 dan arus globalisasi mewajibkan transformasi sistem pendidikan, dari awalnya sekadar transfer pengetahuan (konten) menuju penguasaan kecakapan hidup yang adaptif. Peserta didik dituntut untuk mampu berinovasi, berpikir kritis, mampu bekerja sama, dan berkomunikasi secara efektif dalam berbagai konteks. Kerangka kerja kecakapan abad ini bertumpu pada empat pilar

utama (4C), yang mensyaratkan penguasaan nalar kritis, kreatif, sinergi kolaboratif, serta efektivitas dalam penyampaian gagasan. (Kain *et al.*, 2024).

Keterampilan abad ke-21 dimaknai sebagai serangkaian kapasitas fundamental yang wajib dimiliki individu guna merespons kompetisi global dan kompleksitas digital. Kerangka kerja utama yang menjadi acuan adalah 4C, meliputi *Critical Thinking* (daya nalar kritis), *Creativity* (inovasi), *Collaboration* (sinergi tim), serta *Communication* (interaksi efektif) (Muliana *et al.*, 2024; Tim Penyusun, 2025). Penguasaan keterampilan ini bukan lagi sekadar tuntutan global semata, melainkan telah menjadi kebutuhan fundamental untuk mencetak sumber daya manusia yang terbaik, tangguh, serta adaptif dalam menghadapi berbagai tantangan akademik maupun kehidupan masa depan (Mustofiyah *et al.*, 2024; Tim Penyusun, 2025).

Dalam konteks kebijakan pendidikan, kompetensi abad ke-21 telah menjadi bagian penting dalam perumusan kurikulum di berbagai negara, termasuk Indonesia. Dokumen kurikulum nasional telah mencantumkan pengembangan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, kolaborasi, dan literasi digital sebagai tujuan pembelajaran. Namun demikian, berbagai penelitian menunjukkan adanya kesenjangan antara apa yang menjadi tuntutan kurikulum dan praktik pembelajaran di kelas. Ramdhani dan Suharti (2022) dalam kajian kritisnya terhadap kurikulum matematika Indonesia menegaskan bahwa pembelajaran masih didominasi pendekatan *teacher-centered*, sementara penguatan kompetensi abad ke-21 belum terimplementasi secara optimal. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Muliana, Fonna, dan Nufus (2020) yang menunjukkan bahwa pembelajaran konvensional belum mampu secara aktif mengembangkan keterampilan abad ke-21 pada siswa secara signifikan.

Selain itu, pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam pembelajaran belum sepenuhnya mendukung pengembangan kompetensi tersebut. Mahmudah *et al.*, (2023) melalui analisis tren penelitian integrasi TIK dalam pembelajaran matematika menemukan bahwa teknologi masih sering digunakan sebatas media presentasi, bukan sebagai sarana pembelajaran yang kolaboratif serta berorientasi pada pemecahan masalah. Kondisi ini menyebabkan potensi teknologi pendidikan dalam menumbuhkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, kreativitas, dan komunikasi siswa belum dimanfaatkan secara optimal. Sejumlah studi juga mengungkapkan bahwa keterbatasan kompetensi pedagogik guru dan kurangnya pelatihan berkelanjutan menjadi faktor penghambat utama dalam implementasi pembelajaran abad ke-21.

Seiring dengan tantangan tersebut, berbagai model pembelajaran inovatif telah dikembangkan dan diteliti untuk menjawab kebutuhan pendidikan abad ke-21. Model dan *Project Based Learning* (PjBL) dan *Problem Based Learning* (PBL) terbukti mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran (Muliana *et al.*, 2020; Rehman *et al.*, 2024). Pendekatan STEM juga dilaporkan efektif dalam mengintegrasikan keterampilan pemecahan masalah, kreativitas, dan literasi sains siswa (Mustofiyah *et al.*, 2024; Xu & Zhou, 2023). Selain itu, penerapan *flipped classroom* memberikan dampak positif terhadap pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis matematis siswa (Fatmiyati & Juandi, 2023).

Di sisi lain, kemajuan teknologi pendidikan telah melahirkan berbagai inovasi digital yang mendukung pembelajaran abad ke-21. Pemanfaatan *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran IPA terbukti meningkatkan variabel motivasi belajar dan pemahaman konseptual siswa, serta berpotensi mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi (Saragih & Permana, 2024). Gamifikasi berbasis kecerdasan buatan juga dilaporkan mampu mendorong keterlibatan aktif siswa dan pengembangan keterampilan abad ke-21 secara lebih kontekstual (Gómez Niño *et al.*, 2023). Selain itu, penggunaan digital books, flipbook, animasi 3D, dan pembelajaran daring berbasis masalah memberikan kontribusi positif terhadap literasi sains dan literasi digital peserta didik (Purnomo *et al.*, 2021; Sunarti *et al.*, 2024; Astalini *et al.*, 2024).

Meskipun demikian, hasil penelitian terkait penerapan model pembelajaran dan teknologi pendidikan tersebut masih menunjukkan variasi yang cukup besar. Beberapa penelitian menyoroti keberhasilan implementasi pada konteks tertentu, sementara penelitian lain menunjukkan keterbatasan akibat desain penelitian jangka pendek, sampel yang terbatas, atau belum adanya kelompok kontrol. Selain itu, sebagian besar penelitian masih berfokus pada satu model atau satu jenis teknologi secara terpisah, sehingga belum memberikan gambaran menyeluruh mengenai integrasi model pembelajaran dan teknologi pendidikan dalam mengembangkan kompetensi abad ke-21.

Permasalahan lain yang juga menonjol adalah aspek asesmen. Berbagai kajian menegaskan bahwa asesmen tradisional berbasis tes objektif belum mampu merepresentasikan kompetensi abad ke-21 secara komprehensif. Kain *et al.* (2024) menegaskan bahwa belum terdapat standar asesmen global yang mampu mengukur keterampilan abad ke-21 secara konsisten lintas konteks. Hal ini sejalan dengan temuan Xu dan Zhou (2023) yang menekankan pentingnya pengembangan instrumen asesmen autentik untuk menilai keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan literasi digital secara holistik.

Berdasarkan paparan tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengembangan kompetensi abad ke-21 memerlukan pendekatan yang komprehensif, tidak hanya melalui inovasi model pembelajaran, tetapi juga melalui integrasi teknologi pendidikan dan penguatan asesmen yang relevan. Namun, literatur yang ada masih tersebar, terfragmentasi, dan belum disintesis secara sistematis untuk memberikan pemahaman yang utuh mengenai pola temuan, konsistensi hasil, serta kesenjangan penelitian yang masih terbuka.

Untuk menjaga fokus kajian, penelitian ini dapat dirumuskan ke dalam beberapa pertanyaan berikut :

1. Model pembelajaran apa saja yang paling banyak diteliti dan terbukti efektif dalam mengembangkan kompetensi abad ke-21 (4C)?
2. Teknologi pendidikan apa yang berkontribusi dalam mendukung pengembangan kompetensi abad ke-21?
3. Bagaimana kecenderungan temuan penelitian terkait integrasi model pembelajaran dan teknologi pendidikan?
4. Apa saja kesenjangan penelitian (research gap) yang masih terbuka dalam kajian kompetensi abad ke-21?

METODE

Tujuan dari artikel ini adalah untuk melakukan sintesis literatur terhadap berbagai penelitian yang membahas penerapan model pembelajaran inovatif dan teknologi pendidikan dalam pengembangan kompetensi abad ke-21. Secara khusus, penelitian ini memiliki tujuan:

1. mengidentifikasi model pembelajaran dan teknologi pendidikan yang berkontribusi terhadap pengembangan kompetensi abad ke-21,
2. menganalisis kecenderungan dan konsistensi hasil penelitian yang ada, serta
3. mengungkap kesenjangan penelitian yang dapat menjadi dasar pengembangan riset dan praktik pembelajaran selanjutnya.

Studi ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) guna menghasilkan sintesis data yang terstruktur dan menyeluruh terkait topik bahasan. Pendekatan penelitian dijalankan mengikuti standar PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), yang menjamin transparansi dan validitas proses seleksi beberapa literatur. Proses SLR dilakukan melalui beberapa tahapan utama, yaitu:

1. perumusan pertanyaan penelitian,
2. penelusuran literatur,
3. seleksi dan penyaringan artikel,

4. penilaian kelayakan artikel,
5. ekstraksi dan analisis data, serta
6. sintesis hasil penelitian.

Pendekatan ini digunakan karena sebagian besar penelitian tentang kompetensi abad ke-21, model pembelajaran inovatif, dan teknologi pendidikan masih bersifat tersebar dan menggunakan metode yang beragam .

Strategi Penelusuran Literatur

Penelusuran literatur dilakukan dengan menggunakan kata kunci yang relevan dengan fokus penelitian. Kata kunci utama meliputi: *“21st century skills”*, *“competency-based learning”*, *“critical thinking”*, *“collaboration”*, *“communication”*, *“creativity”*, *“Problem Based Learning”*, *“Project Based Learning”*, *“STEM education”*, *“flipped classroom”*, *“ICT integration”*, *“Augmented Reality”*, *“digital learning”*, dan *“technology-enhanced learning”*.

Sumber data penelitian berasal dari jurnal taraf nasional dan internasional yang telah dianalisis dalam dokumen kajian riset kompetensi abad ke-21, yang mencakup artikel dari berbagai sumber seperti Google Scholar, DOAJ, dan Scopus . Artikel yang digunakan merupakan publikasi ilmiah yang relevan dengan konteks pendidikan dasar, menengah, dan pendidikan tinggi.

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Guna memastikan validitas data, proses penyaringan artikel didasarkan pada parameter berikut:

Kriteria inklusi:

1. Artikel penelitian yang membahas kompetensi abad ke-21 (4C).
2. Artikel yang mengkaji model pembelajaran inovatif dan/atau teknologi pendidikan.
3. Artikel nasional dan internasional yang diterbitkan dalam rentang tahun 2014–2024.
4. Artikel yang menggunakan metode empiris, SLR, scoping review, bibliometrik, atau kajian konseptual yang relevan dengan pendidikan.

Kriteria eksklusi:

1. Artikel non-ilmiah seperti opini atau artikel populer.
2. Artikel yang tidak berfokus pada konteks pendidikan.
3. Artikel yang hanya membahas teknologi tanpa keterkaitan dengan kompetensi abad ke-21.
4. Duplikasi artikel yang memiliki isi dan temuan serupa.

Proses Seleksi Artikel

Proses seleksi artikel tersebut dilakukan melalui beberapa tahap. Tahap pertama adalah **identifikasi**, yaitu pengumpulan seluruh artikel yang relevan berdasarkan kata kunci. Tahap kedua adalah **screening**, dengan membaca judul dan abstrak untuk menilai kesesuaian topik. Tahap ketiga adalah **eligibility**, yaitu penelaahan teks lengkap artikel untuk memastikan kesesuaian dengan kriteria inklusi. Tahap terakhir adalah **inklusi**, yaitu penetapan artikel yang dianalisis secara mendalam dalam penelitian ini.

Tahapan seleksi ini bertujuan untuk memastikan bahwa artikel yang disintesis benar-benar relevan dengan tujuan penelitian serta memiliki kontribusi yang signifikan terhadap kajian kompetensi abad ke-21.

Teknik Ekstraksi dan Analisis Data

Data dari artikel terpilih selanjutnya diekstraksi dengan menggunakan lembar ekstraksi yang mencakup:

- (1) identitas artikel (penulis, tahun, dan jurnal),
- (2) konteks dan jenjang pendidikan,
- (3) model pembelajaran atau teknologi yang digunakan,
- (4) metode penelitian,
- (5) keterampilan abad ke-21 yang diteliti,
- (6) temuan utama penelitian, dan kesenjangan penelitian yang diidentifikasi.

Analisis data dilakukan dengan pendekatan analisis tematik, yaitu mengelompokkan temuan artikel ke dalam beberapa tema utama seperti model pembelajaran inovatif, integrasi teknologi pendidikan, peran asesmen, serta tantangan implementasi. Hasil analisis kemudian disintesis untuk menemukan pola, kecenderungan, dan konsistensi hasil antar penelitian.

Teknik Sintesis Data

Sintesis dilakukan secara **naratif-kritis**, yaitu dengan membandingkan dan mengintegrasikan temuan antarpengelitian, bukan sekadar merangkum hasil penelitian secara deskriptif. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk:

1. mengidentifikasi kesamaan dan perbedaan hasil penelitian,
2. menilai kekuatan dan kelemahan metodologis masing-masing studi,
3. merumuskan implikasi teoretis dan praktis, serta
4. menyusun agenda penelitian lanjutan berdasarkan kesenjangan yang ditemukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan proses seleksi dan analisis artikel menggunakan metode *Systematic Literature Review*, diperoleh sejumlah penelitian nasional dan internasional yang relevan dengan pengembangan kompetensi abad ke-21. Hasil sintesis menunjukkan bahwa penelitian-penelitian tersebut dapat dikelompokkan ke dalam beberapa tema utama, yaitu:

- (1) model pembelajaran inovatif dalam pengembangan kompetensi abad ke-21,
- (2) peran teknologi pendidikan sebagai pendukung pembelajaran abad ke-21,
- (3) integrasi model pembelajaran dan teknologi dalam praktik pembelajaran, serta
- (4) tantangan dan kesenjangan penelitian yang masih terbuka .

Model Pembelajaran Inovatif dalam Pengembangan Kompetensi Abad ke-21

Hasil analisis menunjukkan bahwa *Problem Based Learning* (PBL) merupakan model pembelajaran yang paling sering diteliti dan menunjukkan kontribusi signifikan terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Model PBL memfasilitasi keterlibatan intensif siswa dengan menempatkan pemecahan masalah nyata sebagai pusat aktivitas belajar. Strategi ini menuntut kemandirian siswa dalam menggali informasi serta berkolaborasi dalam diskusi tim untuk menemukan solusi. Berbagai penelitian dalam dokumen sumber menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis masalah mampu meningkatkan kemampuan berpikir analitis, kolaborasi, serta keterampilan komunikasi siswa, terutama pada mata pelajaran matematika dan sains .

Selain PBL, *Project Based Learning* (PjBL) juga dilaporkan efektif dalam mengembangkan kreativitas dan kolaborasi siswa. PjBL memberikan ruang bagi siswa untuk merancang, melaksanakan, dan mempresentasikan proyek berbasis permasalahan nyata.

Sintesis literatur menunjukkan bahwa PjBL berkontribusi terhadap peningkatan *student engagement* dan sikap positif terhadap pembelajaran, meskipun efektivitasnya sangat bergantung pada perencanaan proyek dan dukungan guru dalam memfasilitasi proses belajar.

Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) menjadi fokus penting dalam penelitian pembelajaran abad ke-21. Hasil kajian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM mampu mendorong kreativitas dan kemampuan pemecahan masalah siswa melalui integrasi lintas disiplin. Namun demikian, sebagian besar penelitian STEM masih dilakukan dalam skala terbatas, bersifat lokal, dan belum terintegrasi secara sistematis dalam kurikulum nasional. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun pendekatan STEM memiliki potensi besar, tantangan implementasi dan keberlanjutan masih menjadi isu utama dalam praktik pendidikan.

Model pembelajaran *flipped classroom* juga menunjukkan kontribusi positif terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21. Melalui pembelajaran terbalik, siswa memperoleh materi sebelum pembelajaran tatap muka sehingga waktu di kelas dapat dimanfaatkan untuk diskusi, pemecahan masalah, dan aktivitas kolaboratif. Sintesis penelitian menunjukkan bahwa *flipped classroom* efektif meningkatkan berpikir kritis, literasi digital, dan kemandirian belajar siswa, khususnya pada jenjang SMP dan SMA.

Peran Teknologi Pendidikan dalam Mendukung Kompetensi Abad ke-21

Berdasarkan sintesis literatur, integrasi Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) terbukti krusial dalam menstimulasi kecakapan abad ke-21. Namun, efektivitasnya sangat bergantung pada fungsi teknologi sebagai ekosistem belajar (*learning environment*), bukan sekadar alat bantu presentasi visual semata. Penelitian yang menganalisis pembelajaran berbasis *e-learning*, *blended learning*, dan *GeoGebra-assisted learning* melaporkan peningkatan motivasi belajar, kemampuan berpikir tingkat tinggi, serta komunikasi matematis siswa.

Teknologi *Augmented Reality* (AR) menjadi salah satu fokus penelitian yang menunjukkan tren peningkatan signifikan dalam satu dekade terakhir. Hasil studi bibliometrik dan eksperimen menunjukkan bahwa AR mampu meningkatkan pemahaman konseptual, keterlibatan belajar, serta kemampuan berpikir kritis siswa, khususnya pada pembelajaran IPA dan fisika. Namun, sebagian besar penelitian AR masih bersifat konseptual atau menggunakan desain jangka pendek, sehingga efektivitas jangka panjangnya belum dapat disimpulkan secara kuat.

Selain AR, media pembelajaran digital seperti flipbook, digital book, dan animasi 3D juga menunjukkan potensi besar dalam pengembangan literasi digital dan kreativitas siswa. Penggunaan media digital interaktif memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan visual, sehingga membantu siswa memahami konsep abstrak. Penelitian yang mengintegrasikan digital book dengan model PBL menunjukkan peningkatan signifikan terhadap literasi sains calon guru, meskipun belum melibatkan kelompok kontrol dalam desain penelitiannya.

Pendekatan gamifikasi berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) juga mulai mendapat perhatian dalam literatur pembelajaran abad ke-21. Gamifikasi terbukti meningkatkan motivasi dan keterlibatan belajar, sementara AI memungkinkan personalisasi pembelajaran dan pemberian umpan balik adaptif. Namun, temuan menunjukkan bahwa penelitian empiris tentang gamifikasi berbasis AI di kelas nyata masih terbatas, terutama dalam konteks pendidikan negara berkembang.

Penurunan atau stagnasi keterampilan ini tidak terjadi secara vakum, melainkan dipengaruhi oleh sikap siswa terhadap disiplin ilmu yang berubah seiring waktu. Analisis *Structural Equation Modelling* (SEM) terhadap 779 siswa memperlihatkan bahwa sikap terhadap Rekayasa dan Teknologi (*Engineering & Technology*) adalah mediator paling

dominan yang menghubungkan minat sains dengan keterampilan abad 21 (Xu & Zhou, 2022). Namun, terdapat anomali yang disebut *STEM Pipeline Leakage*: semakin tinggi jenjang pendidikan siswa (*school year*), pengaruh positif sikap teknologi ini justru melemah secara signifikan (Xu & Zhou, 2022). Hal ini mengindikasikan bahwa kurikulum di jenjang lanjut sering kali memisahkan teknologi dari konteks sains, sehingga siswa kehilangan relevansi aplikatif yang sebenarnya menjadi pemicu utama keterampilan berpikir kritis mereka.

Untuk menutup celah keterampilan *self-regulation* tersebut dan menahan laju penurunan minat STEM, pembelajaran biologi tidak bisa lagi bergantung pada metode konvensional. Tinjauan literatur menetapkan lima model pembelajaran esensial yang wajib diterapkan: *Problem Based Learning* (PBL), *Project Based Learning* (PjBL), *Cooperative Learning*, *Discovery Learning*, dan *Inquiry Learning* (Rose et al., 2024). Kelima model ini secara inheren menuntut keterlibatan aktif siswa, yang secara otomatis melatih kemandirian dan kolaborasi yang sebelumnya teridentifikasi lemah.

Integrasi Model Pembelajaran dan Teknologi Pendidikan

Sintesis literatur menunjukkan bahwa integrasi model pembelajaran inovatif dengan teknologi pendidikan memberikan dampak yang lebih kuat dibandingkan penerapan keduanya secara terpisah. Model pembelajaran seperti PBL dan PjBL menjadi lebih efektif ketika didukung oleh teknologi digital yang memungkinkan eksplorasi masalah secara lebih luas, kolaborasi daring, dan visualisasi konsep.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa integrasi antara pendekatan STEM dengan simulasi digital, AR, atau platform pembelajaran daring mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan kontekstual. Meskipun demikian, integrasi ini masih jarang diteliti secara sistematis, dan sebagian besar penelitian belum menguji efektivitas kombinasi model dan teknologi dalam jangka panjang.

Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran abad ke-21 tidak dapat bergantung pada satu model atau satu teknologi tertentu. Sebaliknya, diperlukan desain pembelajaran yang holistik, adaptif, dan kontekstual, yang mengintegrasikan strategi pedagogik dan teknologi secara selaras dengan tujuan pembelajaran.

Untuk menutup celah keterampilan *self-regulation* tersebut dan menahan laju penurunan minat STEM, pembelajaran biologi tidak bisa lagi bergantung pada metode konvensional. Tinjauan literatur menetapkan lima model pembelajaran esensial yang wajib diterapkan: *Problem Based Learning* (PBL), *Project Based Learning* (PjBL), *Cooperative Learning*, *Discovery Learning*, dan *Inquiry Learning* (Rose et al., 2024). Kelima model ini secara inheren menuntut keterlibatan aktif siswa, yang secara otomatis melatih kemandirian dan kolaborasi yang sebelumnya teridentifikasi lemah.

Tantangan Implementasi Pembelajaran Abad ke-21

Meskipun hasil penelitian menunjukkan potensi positif, berbagai tantangan masih muncul dalam implementasi pembelajaran abad ke-21. Tantangan tersebut meliputi keterbatasan kompetensi pedagogik guru, kurangnya pelatihan berkelanjutan, keterbatasan infrastruktur teknologi, serta dominasi asesmen tradisional yang belum mampu mengukur keterampilan abad ke-21 secara komprehensif.

Langkah awal dalam mereformasi pendidikan MIPA adalah mengakui adanya kesenjangan kompetensi yang nyata di lapangan. Studi profil terhadap mahasiswa calon guru biologi mengungkapkan fakta yang perlu perhatian serius: meskipun kemampuan interpretasi dan evaluasi mereka tergolong 'Baik', terdapat kelemahan fundamental pada aspek pengaturan diri (*self-regulation*) dengan skor rata-rata hanya 42,78 yang berada pada kategori 'Sangat Kurang' (Nuraini, 2017). Temuan ini mengkhawatirkan karena pengaturan diri adalah metakognisi dasar bagi seorang guru untuk memantau proses berpikirnya sendiri sebelum mengajarkannya

kepada siswa. Tanpa intervensi, calon pendidik ini berisiko mencetak generasi yang juga lemah dalam kemandirian belajar.

Beberapa penelitian juga menyoroti rendahnya literasi digital dan kemampuan pengaturan diri guru hingga siswa, yang berdampak pada efektivitas pembelajaran berbasis teknologi. Selain itu, ketidakterpaduan antara kebijakan kurikulum, praktik pembelajaran, dan sistem penilaian menjadi penghambat utama dalam implementasi pembelajaran abad ke-21 secara konsisten.

Kesenjangan dan Arah Penelitian Selanjutnya

Hasil SLR mengidentifikasi beberapa kesenjangan penelitian yang relatif konsisten, antara lain:

1. minimnya penelitian empiris dengan desain eksperimen jangka panjang,
2. keterbatasan penelitian pada jenjang pendidikan dasar dan menengah,
3. belum tersedianya instrumen asesmen kompetensi abad ke-21 yang terstandar,
4. kurangnya penelitian integratif yang menggabungkan beberapa model pembelajaran dan teknologi secara simultan,
5. keterbatasan konteks penelitian pada negara berkembang, termasuk Indonesia.

Kesenjangan tersebut menunjukkan perlunya penelitian lanjutan yang tidak hanya berkonsentrasi pada efektivitas jangka pendek, namun aspek keberlanjutan implementasi pembelajaran abad ke-21 dalam konteks nyata juga difokuskan.

Berdasarkan temuan *Systematic Literature Review* (SLR) yang mengidentifikasi berbagai kesenjangan metodologis dan kontekstual, penelitian masa depan perlu diarahkan pada langkah-langkah strategis berikut untuk menjamin keberlanjutan implementasi pembelajaran abad ke-21:

1. Desain Eksperimental Longitudinal dan Multi-Perspektif

Penelitian selanjutnya harus bergeser dari studi efektivitas jangka pendek menuju desain eksperimental jangka panjang (longitudinal) untuk menguji konsistensi hasil belajar dalam kurun waktu yang lebih lama (Mustofiyah et al., 2024; Rehman et al., 2024). Hal ini krusial untuk mengukur retensi keterampilan siswa dan memvalidasi apakah intervensi pembelajaran mampu menahan laju penurunan minat serta sikap positif siswa terhadap STEM yang terbukti cenderung melemah seiring bertambahnya jenjang kelas atau school year (Xu & Zhou, 2022). Selain itu, evaluasi tidak boleh hanya bergantung pada laporan diri (self-report) siswa, melainkan perlu melibatkan triangulasi data dari guru, rekan sejawat, atau penilaian kinerja berbasis proyek untuk mengurangi bias subjektivitas (Rehman et al., 2024; Xu & Zhou, 2022).

2. Pengembangan Instrumen Asesmen Terstandar

Terdapat kebutuhan mendesak untuk mengembangkan dan memvalidasi instrumen asesmen kompetensi abad ke-21 yang terstandar, baik secara global maupun dalam konteks nasional (Kain et al., 2024; Ramdhani & Suharti, n.d.). Saat ini, evaluasi sering kali terhambat oleh ketiadaan alat ukur yang baku untuk menilai keterampilan kompleks seperti berpikir kritis, kolaborasi, dan self-regulation dalam pembelajaran matematika maupun sains (Fitri et al., 2020; Ramdhani & Suharti, n.d.). Pengembangan instrumen ini harus mampu memetakan profil keterampilan secara akurat, mengingat temuan empiris menunjukkan adanya ketimpangan di mana aspek kognitif bisa bernilai tinggi, sementara aspek metakognitif seperti self-regulation masih sangat rendah (Nuraini, 2017).

3. Integrasi Simultan Model Pembelajaran dan Teknologi Imersif

Penelitian integratif perlu diperbanyak dengan menggabungkan model pembelajaran konstruktivis, seperti *Problem Based Learning* (PBL) atau *Project Based Learning* (PjBL), dengan teknologi canggih seperti simulasi PhET, AI, atau *Augmented Reality* dalam satu kerangka intervensi (Rose et al., 2024; Saragih & Permana, 2024). Studi masa depan tidak

cukup hanya menguji penggunaan teknologi secara terpisah, tetapi harus menguji sinergi antara pedagogi spesifik dan teknologi imersif, misalnya integrasi Buku Digital dan Animasi 3D dalam PBL yang terbukti meningkatkan literasi sains (Sunarti et al., 2024) atau penggunaan gamifikasi berbasis AI untuk personalisasi pembelajaran (Gómez Niño et al., 2025). Kemudian, penggunaan simulasi PhET dalam kerangka STEM juga perlu diperluas untuk mengukur dampaknya terhadap berpikir kritis pada materi abstrak (Khaeruddin & Bancong, 2022).

4. Perluasan Konteks di Negara Berkembang dan Jenjang Pendidikan

Diperlukan lebih banyak penelitian empiris yang dilakukan di negara berkembang, termasuk Indonesia, dengan cakupan yang lebih luas dari jenjang pendidikan dasar hingga menengah (Kain et al., 2024; Muliana et al., 2024). Penelitian di konteks ini harus fokus pada skalabilitas strategi pembelajaran inovatif di tengah keragaman infrastruktur, mengingat masih minimnya bukti empiris tentang efektivitas model seperti Flipped Classroom atau PBL di sekolah-sekolah dengan fasilitas terbatas (Fatmiyati & Juandi, 2023; Muliana et al., 2024). Khususnya di Indonesia, penelitian lanjutan perlu menargetkan perbaikan kurikulum operasional yang menjabarkan kompetensi abad ke-21 secara eksplisit dalam silabus dan asesmen, yang saat ini dinilai masih bersifat dokumen teoretis (Ramdhani & Suharti, n.d.).

KESIMPULAN

Sintesis literatur lintas negara mengonfirmasi bahwa penguasaan kecakapan abad ke-21 menuntut transformasi pedagogis yang menggabungkan model inovatif dengan teknologi digital secara kontekstual. Temuan ini menegaskan bahwa strategi konvensional tidak lagi memadai untuk menjawab tantangan zaman. Model pembelajaran seperti *Problem Based Learning*, *Project Based Learning*, pendekatan STEM, dan *flipped classroom* secara konsisten dilaporkan mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi siswa apabila diterapkan secara tepat.

Selain model pembelajaran, teknologi pendidikan berperan sebagai faktor pendukung yang signifikan dalam pembelajaran abad ke-21. Pemanfaatan TIK, *Augmented Reality*, media pembelajaran digital interaktif, gamifikasi, dan digital book terbukti meningkatkan motivasi belajar, pemahaman konseptual, serta literasi digital siswa. Namun, efektivitas teknologi tersebut sangat bergantung pada kemampuan guru dalam merancang pembelajaran dan mengintegrasikan teknologi sebagai lingkungan belajar, bukan sekadar alat bantu.

Hasil sintesis juga menunjukkan bahwa integrasi antara model pembelajaran inovatif dan teknologi pendidikan memberikan dampak yang lebih kuat dibandingkan penerapan keduanya secara terpisah. Pembelajaran abad ke-21 yang efektif menuntut desain pembelajaran yang holistik, berpusat pada siswa, serta didukung asesmen autentik yang mampu mengukur proses dan kinerja nyata siswa.

Meskipun demikian, kajian ini menemukan bahwa implementasi pembelajaran abad ke-21 masih menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan kompetensi pedagogik guru, minimnya asesmen kompetensi abad ke-21 yang terstandar, serta kurangnya penelitian empiris jangka panjang khususnya pada jenjang pendidikan dasar dan menengah.

DAFTAR PUSTAKA

- Astalini, Darmaji, Kurniawan, D. A., & Azzahra, M. Z. (2024). Comparative analysis and the influence of science process skills on students' digital literacy on measurement materials. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 13(2), 131–145.
- Boadu, S. K., & Boateng, F. O. (n.d.). Enhancing students' achievement in mathematics education in the 21st century through technology integration, collaborative learning,

and student motivation. Department of Mathematics Education, Akenten Appiah-Menka University.

- Dianti, K., Ulfah, M., Salam, A., Gunawan, & Luthfiah. (2025). Analisis asesmen diagnostik, formatif dan sumatif serta implikasinya terhadap efektivitas sistem evaluasi pendidikan. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)*, 5(2), 555–565.
- Fatmiyati, N., & Juandi, D. (2023). Efektivitas flipped classroom terhadap kemampuan pemahaman konsep dan berpikir kritis matematis: Systematic literature review. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif (JPMI)*, 6(3), 1161–1176. DOI: 10.22460/jpmi.v6i3.17405
- Fitri, M., Yuanita, P., & Maimunah. (2020). Pengembangan perangkat pembelajaran matematika terintegrasi keterampilan abad 21 melalui model Problem Based Learning (PBL). *Jurnal Gantang*, 5(1). DOI: 10.31629/jg.v5i1.1609
- Gómez Niño, J. R., Árias Delgado, L. P., Chiappe, A., & González, E. O. (2025). Gamifying learning with AI: A pathway to 21st-century skills. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*.
- Kain, C., Koschmieder, C., Matischek-Jauk, M., & Bergner, S. (2024). Mapping the landscape: A scoping review of 21st century skills literature in secondary education. University College of Teacher Education Styria.
- Khaeruddin, & Bancong, H. (2022). STEM education through PhET simulations: An effort to enhance students' critical thinking skills. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 11(1), 35–45. DOI: 10.24042/jipfalbiruni.v11i1.10998
- Kutlu, Ö., & Kartal, S. K. (2018). Assesment of 21st century skills. *International Journal of Progressive Education*, 14(6), 70–82. DOI: 10.29329/ijpe.2018.179.6
- Mahmudah, F. N., Setyaningrum, W., & Faisal, M. (n.d.). Tren penelitian integrasi ICT dalam pembelajaran matematika untuk meningkatkan keterampilan abad 21. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Muliana, Fonna, M., & Nufus, H. (2024). Pengaruh penerapan Problem Based Learning (PBL) terhadap keterampilan abad 21. *Jurnal Basicedu*.
- Mustofiyah, L., Rahmawati, F. P., & Ghufro, A. (2024). Pengembangan kurikulum berbasis STEM untuk meningkatkan kompetensi siswa di era digital: Tinjauan systematic literature review. *Jurnal Pendas*.
- Nuraini, N. (2017). Profil keterampilan berpikir kritis mahasiswa calon guru biologi sebagai upaya mempersiapkan generasi abad 21. *Didaktika Biologi: Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi*, 1(2), 89–96.
- Purnomo, P. E. A., Agustini, K., & Sudatha, I. G. W. (2024). Peran flipbook sebagai media pembelajaran inovatif dalam pembelajaran abad 21. *Journal of Education Technology*.

- Ramdhani, L., & Suharti. (n.d.). Tinjauan kritis terhadap kurikulum matematika Indonesia: Antara kompetensi dan kebutuhan abad 21. STKIP Harapan Bima.
- Rehman, N., et al. (2024). Project-based learning as a catalyst for 21st-century skills and student engagement in the math classroom. *Heliyon*, 10. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e39988
- Rose, A. E., Nency, A., Sudira, E., Haria, Y., & Suryanda, A. (2024). Eksplorasi strategi inovatif pembelajaran biologi di abad 21. *DIAJAR: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 3(1), 102–107.
- Rosnaeni. (2021). Karakteristik dan asesmen pembelajaran abad 21. *Jurnal Basicedu*, 5(5). DOI: 10.31004/basicedu.v5i5.1548
- Saragih, P. Y., & Permana, I. (2024). Analisis bibliometrik: Penelitian augmented reality dalam pembelajaran IPA terhadap keterampilan abad 21. *Jurnal Science Map*.
- Somantri, D. (2021). Pentingnya kompetensi pedagogik guru di abad 21. *Equilibrium: Jurnal Penelitian Pendidikan dan Ekonomi*, 18(2).
- Sunarti, T., Satriawan, M., Prahani, B. K., & Rizki, I. A. (2024). Integrating digital books, 3D animations, and online problem-based learning to improve pre-service teachers' scientific literacy in general physics course. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 14(2), 169–183. DOI: 10.26740/jpfa.v14n2.p169-183
- Xu, S.-R., & Zhou, S.-N. (2022). The effect of students' attitude towards science, technology, engineering, and mathematics on 21st century learning skills: A structural equation model. *Journal of Baltic Science Education*, 21(4), 706–719.