



## Transformasi Pembelajaran Matematika melalui Integrasi ICT dalam Penguatan Keterampilan Abad ke-21

<sup>1</sup>Ahyani Mirah Liani\*

<sup>1</sup> Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Makassar, Indonesia

\*Email: [ahyani.mirah.liani@unm.ac.id](mailto:ahyani.mirah.liani@unm.ac.id)

---

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren integrasi Information and Communication Technology (ICT) dalam pembelajaran matematika untuk meningkatkan keterampilan abad ke-21 (4C), yaitu critical thinking, creativity, communication, dan collaboration. Metode yang digunakan adalah Systematic Literature Review (SLR) dengan pendekatan PRISMA untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis hasil penelitian terdahulu. Data diperoleh dari 25 artikel yang disaring menjadi 10 artikel sesuai kriteria inklusi dari database Scopus, Google Scholar, dan SINTA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi ICT dalam pembelajaran matematika mengalami peningkatan signifikan dalam beberapa tahun terakhir dan berdampak positif terhadap peningkatan keterampilan 4C, terutama pada aspek berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah. Penggunaan teknologi seperti GeoGebra dan platform digital lainnya mampu memvisualisasikan konsep abstrak menjadi lebih konkret sehingga meningkatkan pemahaman dan motivasi belajar siswa. Namun, implementasi ICT masih menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan infrastruktur, kesenjangan digital, serta kurangnya kompetensi dan pelatihan guru. Oleh karena itu, diperlukan dukungan sistemik berupa penguatan kompetensi guru, penyediaan sarana prasarana, dan pengembangan kurikulum yang adaptif agar integrasi ICT dapat berjalan efektif dan berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Integrasi ICT; Pembelajaran Matematika; Keterampilan Abad 21; 4C; *Systematic Literature Review*.

---

### ABSTRACT

*This study aims to analyze trends in Information and Communication Technology (ICT) integration in mathematics learning to improve 21st-century skills (4Cs): critical thinking, creativity, communication, and collaboration. The method used was a Systematic Literature Review (SLR) with the PRISMA approach to identify, evaluate, and synthesize previous research findings. Data were obtained from 25 articles, which were filtered down to 10 articles according to inclusion criteria from the Scopus, Google Scholar, and SINTA databases. The results indicate that ICT integration in mathematics learning has increased significantly in recent years and has had a positive impact on improving 4C skills, particularly critical thinking, creativity, and problem-solving. The use of technologies such as GeoGebra and other digital platforms can visualize abstract concepts more concretely, thereby enhancing student understanding and motivation to learn. However, ICT implementation still faces various obstacles, such as limited infrastructure, the digital divide, and a lack of teacher competency and training. Therefore, systemic support is needed in the form of strengthening teacher competencies, providing infrastructure, and developing an adaptive curriculum to ensure effective and sustainable ICT integration.*

**Keywords:** *ICT Integration; Mathematics Learning; 21st Century Skills; 4C; Systematic Literature Review.*

---

## 1. PENDAHULUAN

Kehidupan masyarakat global di abad ke-21 membutuhkan sumber daya manusia yang memiliki dalam revolusi industri 4.0, karakter, literasi, dan keterampilan sangat penting (Sya'Roni et al., 2020). Untuk menghadapi tantangan abad kedua puluh satu, Kemendikbud (2019) menyatakan bahwa pendidikan karakter harus sesuai dengan keterampilan 4C, yaitu pemikiran kritis (berpikir kritis), kreativitas (kreativitas), kemampuan berkomunikasi (kemampuan berkomunikasi), dan kemampuan bekerja sama. Keterampilan-keterampilan tersebut diperlukan dalam pembelajaran siswa (Legowo et al., 2019), dan pembelajaran matematika merupakan salah satu cara untuk meningkatkan penguasaan keterampilan 4C.

Hendriana et al. (2019) menyatakan bahwa kemampuan untuk berpikir kritis secara matematis adalah suatu kemampuan berpikir efektif yang dapat mendorong seseorang untuk membuat, mempertimbangkan, dan membuat keputusan tentang keyakinan atau tindakan mereka. Selain itu, kemampuan berpikir kreatif sangat penting agar siswa dapat menemukan cara baru untuk menyelesaikan masalah matematika (Munahefi et al., 2018). Ketiga, kerja sama tim. Keterampilan ini sangat penting untuk memahami konsep dan menemukan solusi untuk masalah (Da Fonte & Barton-Arwood, 2017). Siswa dapat bekerja sama dengan siswa lain, beradaptasi dalam berbagai peran, dan saling mengisi kekurangan masing-masing dengan keuntungan masing-masing. Komunikasi adalah keterampilan keempat, yang merupakan cara utama untuk menyampaikan dan bertukar ide, termasuk dalam proses pembelajaran (Mujiasih et al., 2021). Komunikasi matematis juga dapat didefinisikan sebagai interaksi siswa yang berkaitan dengan masalah atau materi yang disampaikan secara lisan maupun tulisan.

Di balik pentingnya keterampilan 4C, tidak dapat dipungkiri bahwa siswa saat ini dapat bertahan tanpanya. Perkembangan teknologi atau ICT sehingga ICT harus diintegrasikan dengan pembelajaran matematika. Sehubungan dengan hal itu, Sulisworo & Permpayoon (2018) menyatakan bahwa media sebagai alat bantu pembelajaran penting untuk membuat belajar menyenangkan dan mendorong orang untuk mengaktualisasikan keterampilan mereka.

Media aktivitas belajar mengajar adalah model atau perangkat lunak yang digunakan untuk memberikan informasi pendidikan melalui alat peraga atau aplikasi yang terintegrasi teknologi (Yazgan-Sag & EmreAkdogan, 2016). Sehubungan dengan integrasi teknologi informasi dan komunikasi dalam pembelajaran matematika, dianggap sebagai cara untuk menyampaikan materi dalam bentuk nyata kepada siswa sehingga mereka dapat memahami kegunaan matematika (Rohaeti et al., 2019).

ETI et al., 2019). Penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (ICT) untuk mengajar matematika dengan tujuan meningkatnya kemampuan berpikir siswa adalah salah satu ukuran keberhasilan pembelajaran untuk menentukan seberapa efektif proses pembelajaran (Andriani et al., 2019). Oleh karena itu, penggunaan media interaktif dalam pembelajaran membutuhkan inovasi baru (Kusumaningtyas & Supaman, 2020).

Penelitian tambahan diperlukan untuk menggabungkan dan menganalisis penelitian sebelumnya untuk mendapatkan informasi baru yang bermanfaat karena banyaknya penelitian yang berfokus pada penggunaan ICT dalam pembelajaran matematika untuk meningkatkan keterampilan 4C yang telah diterapkan di

Indonesia. Oleh karena itu, tujuh pertanyaan penelitian dijawab melalui penelitian ini.

Tujuh pertanyaan penelitian adalah (1) Bagaimana tren penelitian tentang pemanfaatan selama delapan tahun terakhir, apakah ICT telah membantu mengintegrasikan keterampilan 4C dalam pembelajaran matematika? (2) Apa saja teknik yang paling umum digunakan? (3) Bagaimana jenis keterampilan 4C yang dikombinasikan dengan teknologi informasi? (4) Bagaimana keragaman topik yang mungkin digunakan? (5) Apa software atau teknologi yang mungkin digunakan? (6) Bagaimana variasi topik yang dibahas? dan (7) Bagaimana instrumen dan analisis data yang berbeda digunakan?

Penelitian ini berbeda dengan penelitian review lainnya dalam beberapa hal. Misalnya, beberapa parameter digunakan untuk menganalisis isi; ini termasuk tahun publikasi, topik penelitian, wilayah penelitian, dan akreditasi jurnal.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini disusun menggunakan dengan aturan Systematic Literature Review (SLR) dengan mengacu pada protokol PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis temuan dari studi-studi terdahulu tentang Tren Penelitian integrasi ICT Dalam Pembelajaran Matematika Untuk meningkatkan Keterampilan Abad 21 secara sistematis dan komprehensif. SLR merupakan teknik sistematis untuk mengumpulkan informasi relevan tentang suatu topik berdasarkan kriteria inklusi yang telah ditentukan (Lusina & Suryani, 2014).

Empat tahap utama dalam alur PRISMA adalah: Identifikasi, Penyaringan, Kelayakan, dan Inklusi (Pengumpulan Data). Proses pencarian literatur menggunakan aplikasi Publish or Perish dari berbagai portal database Scopus, Google Scholar, dan SINTA. Kata kunci yang digunakan adalah "Integrasi ICT dalam Pembelajaran Matematika untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21" atau "Integrasi ICT dalam Meningkatkan Keterampilan 4C". Pendekatan SLR ini menghasilkan kumpulan awal 25 tanpa batasan tahun publikasi, memungkinkan pelacakan komprehensif lintasan penerapan matriks secara kontekstual. Dokumen yang diambil terdiri dari artikel jurnal ilmiah, laporan penelitian, dan dokumen lainnya.

Selama fase Identifikasi, semua 25 dokumen dicatat. Fase Penyaringan berikutnya melibatkan evaluasi awal judul dan abstrak untuk relevansi dengan topik. Proses ini mengakibatkan pengecualian 15 artikel karena gagal memenuhi kriteria inklusi.

Fase Kelayakan memerlukan tinjauan teks lengkap dari 10 artikel yang tersisa untuk memverifikasi kepatuhan terhadap kriteria inklusi. Artikel yang disimpan memenuhi standar sebagai berikut: (1) publikasi di jurnal terkemuka (baik terindeks secara nasional di SINTA 1 atau jurnal yang diakui secara internasional yang terindeks di Scopus); (2) diskusi eksplisit tentang integrasi ICT dalam pembelajaran matematika; dan (3) penggunaan metodologi yang ketat secara ilmiah dengan hasil yang divalidasi secara empiris. Semua 10 artikel memenuhi kriteria ini, tanpa pengecualian lebih lanjut pada tahap ini.

Pada fase Inklusi akhir, 10 artikel secara resmi dimasukkan untuk sintesis data dan analisis komprehensif dalam tinjauan sistematis ini. Seluruh proses seleksi dan

penyaringan yang berfungsi untuk memperjelas jalur pemilihan literatur sekaligus memastikan integritas penelitian dan replikabilitas metodologis. Pendekatan sistematis ini diantisipasi akan menghasilkan kontribusi ilmiah yang signifikan untuk memahami aplikasi matriks dalam kehidupan sehari-hari.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil

Hasil data penelitian yang dimasukkan dalam tinjauan literatur ini terkait Tren Penelitian integrasi ICT Dalam Pembelajaran Matematika Untuk meningkatkan Keterampilan Abad 21, disajikan secara terstruktur dalam table 1 berikut:

Tabel 1. Tinjauan Literatur

Penelitian dan Tahun	Jurnal	Hasil Penelitian
Lim Halimatul Mu'minah & Ipin Aripin (2019)	Jurnal Sainsmat	Hasil menunjukkan implementasi pembelajaran IPA berbasis STEM berbantuan ICT meningkatkan keterampilan abad 21 siswa. Skor berpikir kritis naik dari rata-rata 69,03 menjadi 82,44 (N-Gain 0,45, kategori sedang). Skor berpikir kreatif meningkat dari 74,63 menjadi 87,97 (N-Gain 0,56, kategori sedang). Keterampilan komunikasi mencapai 67,13% dan kolaborasi 74,75% (kategori baik). Respon siswa positif (68,06%) dan efektivitas pembelajaran 72,63%.
Mark Joseph D. Pastor & Lily Ann C. Pedro (2023)	Southeast Asia Mathematics Education Journal	Hasil menunjukkan guru memiliki kompetensi tinggi dalam keterampilan dasar ICT, namun penggunaan ICT di kelas masih moderat (sekitar 1-2 kali per minggu). Guru muda dan yang lebih banyak mengikuti pelatihan ICT memiliki keahlian lebih baik serta sikap positif terhadap integrasi ICT. Keyakinan guru tentang manfaat ICT berkorelasi dengan tingkat penggunaannya. Analisis korelasi menunjukkan keterampilan pemecahan masalah siswa berhubungan signifikan dengan tingkat keahlian ICT guru, frekuensi penggunaan ICT, dan keyakinan mereka terhadap integrasi ICT. Kesimpulannya, pengembangan kompetensi ICT guru dan sikap positif

		terhadap teknologi berperan penting dalam meningkatkan kemampuan <i>problem solving</i> siswa.
Prida N. L. Taneo & Farida Daniel (2022)	SIGMA DIDAKTIK: Jurnal Pendidikan Matematika	Kajian pustaka ini menegaskan bahwa penerapan ICT dalam pembelajaran matematika berdampak positif pada keterlibatan, motivasi, dan pemahaman konsep siswa. ICT membantu guru menyajikan materi lebih interaktif, meningkatkan representasi dan komunikasi matematis, serta mendukung keterampilan abad 21. Namun, kendala utama adalah kurangnya pelatihan, keterbatasan infrastruktur (listrik, internet, perangkat), serta resistensi guru terhadap metode baru. Solusi yang ditawarkan meliputi peningkatan pelatihan, dukungan teknis, dan eksplorasi teknologi tepat guna agar integrasi ICT lebih efektif.
Lailatul Zulfa & Umi Mahmudah (2023)	Jurnal Pendidikan Matematika	Kajian literatur ini menyoroti berbagai inovasi model pembelajaran matematika yang relevan dengan tuntutan abad 21, seperti <i>problem-based learning</i> , <i>project-based learning</i> , STEM, dan integrasi ICT. Model-model tersebut terbukti mendukung pengembangan keterampilan 4C ( <i>critical thinking, creativity, communication, collaboration</i> ), meningkatkan motivasi belajar, serta memperkuat keterkaitan antara konsep matematika dengan kehidupan nyata. Kendala utama adalah kesiapan guru, keterbatasan sarana, dan adaptasi kurikulum. Penelitian ini menyimpulkan bahwa inovasi model pembelajaran berbasis abad 21 perlu terus dikembangkan agar pembelajaran matematika lebih kontekstual, interaktif, dan berorientasi pada keterampilan masa depan.
Faisa Nirbita Mahmudah, Wahyu Setyaningrum, & Muhammad Faisal (2024)	AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika	Kajian literatur sistematis (SLR) terhadap 33 artikel (2016–2023) menunjukkan tren penelitian integrasi ICT dalam pembelajaran matematika meningkat signifikan. Desain penelitian dominan adalah kuantitatif dengan quasi eksperimen, fokus pada siswa SMP kelas 8 dan materi geometri. ICT yang

paling banyak digunakan adalah *GeoGebra*, diikuti aplikasi seperti *ClassDojo*, *Google Classroom*, dan *Mentimeter*. Hasil penelitian konsisten menunjukkan peningkatan keterampilan 4C (*critical thinking, creative thinking, communication, collaboration*), meski aspek komunikasi dan kolaborasi masih jarang diteliti. Instrumen dominan berupa *pre-test & post-test*, dengan analisis data menggunakan uji T dan *n-gain*.

Nur Azizah, Suratno, & Hasti Irawati (2024)	<i>Prosiding Diskusi Panel Nasional Pendidikan Matematika</i> , Universitas Indraprasta PGRI	Kajian pustaka ini menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis TIK (aplikasi komputer, multimedia interaktif, sumber online, dan game edukasi) mampu meningkatkan pemahaman konsep matematika, keterampilan pemecahan masalah, serta motivasi belajar siswa SMA. Visualisasi dan simulasi digital membantu menjembatani konsep abstrak dengan aplikasi nyata, ementara game edukasi meningkatkan keterlibatan siswa. Namun, keberhasilan penerapan sangat bergantung pada kompetensi guru, ketersediaan infrastruktur, dan desain pembelajaran yang tepat. Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi TIK penting untuk meningkatkan kualitas pembelajaran matematika, dengan rekomendasi berupa investasi infrastruktur, pelatihan guru, dan pengembangan kurikulum yang lebih terintegrasi.
Siti Ranissa, Eni Sintia, M. Yogya Andhika, & Apri Wahyudi (2024)	Jurnal Pendidikan Universitas Garut	Kajian pustaka ini menegaskan bahwa integrasi teknologi ( <i>multimedia, platform daring, aplikasi interaktif</i> ) dalam pembelajaran matematika SD meningkatkan keterlibatan, motivasi, dan pemahaman konsep siswa. Teknologi mendukung pembelajaran yang lebih interaktif, fleksibel, serta membantu pengembangan keterampilan abad 21 seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kolaborasi. Namun, tantangan utama adalah keterbatasan akses internet, kesenjangan digital antara kota dan desa, serta kurangnya pelatihan guru. Penelitian merekomendasikan penguatan

		infrastruktur, pelatihan berkelanjutan, dan kebijakan inklusif agar integrasi teknologi dapat berjalan efektif dan merata.
Marco Hernández-Martíne, Miguel Posso-Yépez, Henry Cadena-Povea, Jaime Rivadeneira-Flores, & Fernando Placencia-Enríquez (2025)	Cogent Education	Kajian sistematis terhadap 49 studi (2019–2024) menunjukkan bahwa integrasi ICT secara signifikan meningkatkan kompetensi matematis siswa sekolah menengah, terutama pada aspek problem solving (34,41%), connections (22,58%), serta logical reasoning dan communication. ICT terbukti memperkuat pemahaman konsep, motivasi, dan performa akademik melalui software khusus, platform edukasi, aplikasi mobile, dan pembelajaran berbasis proyek. Tantangan utama adalah kesenjangan digital, keterbatasan infrastruktur, dan kesiapan guru.
Mazabuka Host & Ndhlovu B. Zanzini (2025)	International Journal of Research and Innovation in Social Science (IJRISS)	Studi kasus di Pemba District, Zambia, menunjukkan bahwa integrasi ICT dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar masih sangat terbatas. ICT yang tersedia hanya berupa radio ( <i>Interactive Radio Instruction</i> ) dan tablet, sehingga pembelajaran cenderung pasif dan kurang interaktif. Kendala utama adalah minimnya perangkat ICT, infrastruktur listrik yang tidak stabil, serta kurangnya pelatihan guru. Meski demikian, penggunaan ICT terbukti meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa, terutama melalui pembelajaran berbasis radio. Rekomendasi penelitian menekankan perlunya dukungan pemerintah dalam penyediaan perangkat ICT (komputer, papan interaktif, permainan edukatif), pelatihan berkelanjutan bagi guru, serta penguatan infrastruktur (misalnya energi alternatif seperti solar) agar integrasi ICT dapat lebih efektif dan berkelanjutan

---

Heriyanto, Vivi Andrianingsih, & Nurramdaniyah (2026)	EDUPEDIKA: Jurnal Studi Pendidikan dan Pembelajaran	Kajian literatur ini menegaskan bahwa integrasi ICT dalam pembelajaran matematika berkontribusi besar terhadap penguatan keterampilan abad 21 (4C: <i>Critical thinking, Creativity, Communication, Collaboration</i> ). ICT melalui software, aplikasi interaktif, dan platform digital meningkatkan motivasi belajar, memperluas akses sumber belajar, serta mendorong pembelajaran yang lebih kolaboratif dan berpusat pada siswa. Tantangan utama meliputi kesiapan guru keterbatasan infrastruktur, dan kurikulum yang belum adaptif. Rekomendasi penelitian menekankan penguatan kompetensi digital guru, penyediaan sarana pendukung, serta pengembangan model pembelajaran berbasis ICT yang relevan dengan kebutuhan abad 21.
--	---	--

---

## Pembahasan

Hasil kajian sistematis terhadap sepuluh artikel yang dipublikasikan pada rentang tahun 2019–2026 menunjukkan bahwa integrasi Information and Communication Technology (ICT) dalam pembelajaran matematika memberikan dampak positif terhadap peningkatan kualitas proses dan hasil belajar siswa. Secara umum, seluruh penelitian yang dianalisis mengindikasikan bahwa pemanfaatan ICT mampu mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21, meningkatkan pemahaman konsep matematika, memperkuat kemampuan pemecahan masalah, serta meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Temuan ini menunjukkan bahwa ICT tidak lagi berperan sebagai alat bantu pembelajaran semata, melainkan telah menjadi komponen strategis dalam transformasi pembelajaran matematika yang lebih interaktif, kolaboratif, dan berpusat pada peserta didik.

Salah satu temuan yang paling konsisten dari berbagai penelitian adalah kontribusi ICT terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21 atau 4C (*Critical Thinking, Creativity, Communication, dan Collaboration*). Penelitian Mu'minah dan Aripin (2019) menunjukkan bahwa implementasi pembelajaran berbasis STEM yang didukung ICT mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif siswa secara signifikan. Temuan tersebut diperkuat oleh kajian Mahmudah et al. (2024) yang menemukan bahwa berbagai aplikasi ICT, terutama GeoGebra, Google Classroom, ClassDojo, dan Mentimeter, berkontribusi terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi. Demikian pula, Heriyanto et al. (2026) menegaskan bahwa penggunaan platform digital dan aplikasi interaktif dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih kolaboratif dan mendorong partisipasi aktif siswa. Kesamaan hasil ini mengindikasikan bahwa ICT memiliki

potensi besar sebagai sarana untuk memfasilitasi pembelajaran yang selaras dengan kebutuhan kompetensi abad ke-21.

Selain mendukung keterampilan 4C, kajian ini juga menunjukkan bahwa ICT berperan penting dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis. Pastor dan Pedro (2023) menemukan bahwa keterampilan pemecahan masalah siswa berkorelasi positif dengan tingkat kompetensi ICT guru, frekuensi penggunaan teknologi dalam pembelajaran, dan keyakinan guru terhadap manfaat integrasi teknologi. Hasil serupa ditemukan oleh Hernández-Martínez et al. (2025) yang menyatakan bahwa kompetensi matematis yang paling banyak mengalami peningkatan melalui integrasi ICT adalah problem solving, diikuti kemampuan membuat koneksi matematis, penalaran logis, dan komunikasi matematis. Temuan tersebut menunjukkan bahwa teknologi dapat menyediakan representasi visual, simulasi, dan lingkungan eksploratif yang membantu siswa memahami konsep abstrak dan menerapkannya dalam penyelesaian masalah kontekstual.

Kajian ini juga menemukan bahwa penggunaan ICT berkontribusi terhadap peningkatan motivasi belajar dan keterlibatan siswa. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis teknologi mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik dibandingkan pembelajaran konvensional. Azizah et al. (2024) menjelaskan bahwa multimedia interaktif, sumber belajar daring, dan game edukasi mampu meningkatkan motivasi belajar sekaligus memperkuat pemahaman konsep matematika. Temuan serupa dilaporkan oleh Ranissa et al. (2024) yang menyatakan bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran matematika sekolah dasar meningkatkan partisipasi aktif siswa melalui penyajian materi yang lebih interaktif dan fleksibel. Bahkan dalam konteks keterbatasan fasilitas seperti yang ditemukan oleh Host dan Zanzini (2025), penggunaan teknologi sederhana berupa Interactive Radio Instruction tetap mampu meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan integrasi ICT tidak selalu ditentukan oleh kecanggihan teknologi yang digunakan, tetapi juga oleh bagaimana teknologi tersebut dirancang untuk mendukung aktivitas belajar yang bermakna.

Dari perspektif implementasi, hasil kajian menunjukkan bahwa keberhasilan integrasi ICT sangat dipengaruhi oleh kompetensi dan kesiapan guru. Beberapa penelitian secara konsisten menempatkan guru sebagai faktor kunci dalam keberhasilan pemanfaatan teknologi pendidikan. Pastor dan Pedro (2023) menemukan bahwa guru yang memiliki keterampilan ICT tinggi dan mengikuti pelatihan teknologi secara berkelanjutan cenderung lebih sering mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran. Temuan ini sejalan dengan hasil kajian Taneo dan Daniel (2022), Azizah et al. (2024), serta Heriyanto et al. (2026) yang menekankan pentingnya peningkatan kompetensi digital guru melalui pelatihan dan pendampingan berkelanjutan. Dengan demikian, transformasi pembelajaran berbasis ICT tidak hanya memerlukan ketersediaan teknologi, tetapi juga kesiapan sumber daya manusia yang mampu mengoptimalkan penggunaannya dalam konteks pedagogis.

Meskipun berbagai manfaat ICT telah banyak dilaporkan, kajian ini juga mengidentifikasi sejumlah tantangan yang masih menjadi hambatan dalam implementasinya. Tantangan yang paling sering ditemukan adalah keterbatasan

infrastruktur teknologi, seperti akses internet yang tidak merata, ketersediaan perangkat digital yang terbatas, serta pasokan listrik yang belum stabil di beberapa wilayah. Permasalahan ini dilaporkan oleh Taneo dan Daniel (2022), Ranissa et al. (2024), Hernández-Martínez et al. (2025), dan Host dan Zanzini (2025). Selain itu, resistensi terhadap perubahan, rendahnya literasi digital sebagian guru, serta kurikulum yang belum sepenuhnya adaptif terhadap perkembangan teknologi juga menjadi faktor penghambat implementasi ICT secara optimal. Temuan ini menunjukkan bahwa upaya transformasi digital dalam pendidikan matematika memerlukan pendekatan yang komprehensif melalui sinergi antara pemerintah, institusi pendidikan, dan pemangku kepentingan lainnya.

Berdasarkan keseluruhan hasil kajian, dapat disimpulkan bahwa integrasi ICT dalam pembelajaran matematika memiliki kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan kualitas pembelajaran dan pengembangan kompetensi abad ke-21. ICT terbukti mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, kolaborasi, pemecahan masalah, motivasi belajar, serta pemahaman konsep matematika. Namun demikian, efektivitas implementasinya sangat bergantung pada kesiapan guru, dukungan infrastruktur, dan kebijakan pendidikan yang mendukung transformasi digital. Oleh karena itu, penguatan kompetensi digital guru, penyediaan sarana dan prasarana yang memadai, serta pengembangan model pembelajaran matematika berbasis ICT yang inovatif dan kontekstual perlu menjadi prioritas dalam upaya meningkatkan kualitas pendidikan matematika di era digital.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis literatur, dapat disimpulkan bahwa tren integrasi ICT dalam pembelajaran matematika selama delapan tahun terakhir menunjukkan peningkatan signifikan dan terbukti efektif dalam memperkuat keterampilan abad 21 (4C). Penggunaan perangkat lunak seperti GeoGebra serta berbagai platform digital lainnya secara empiris mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah siswa dengan cara memvisualisasikan konsep matematika yang abstrak menjadi lebih konkret. Namun, efektivitas integrasi ini sangat bergantung pada kompetensi digital serta sikap positif guru terhadap teknologi. Meskipun memberikan dampak positif terhadap motivasi dan hasil belajar, implementasinya masih menghadapi tantangan struktural berupa keterbatasan infrastruktur seperti akses internet dan listrik, kesenjangan digital, serta kurikulum yang belum sepenuhnya adaptif. Oleh karena itu, diperlukan dukungan sistemik melalui investasi sarana prasarana dan pelatihan guru yang berkelanjutan untuk memastikan keberlanjutan inovasi pembelajaran berbasis ICT di masa depan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, D., et al. (2019). Pemanfaatan ICT dalam pembelajaran matematika untuk meningkatkan kemampuan berpikir siswa.
- Azizah, N., Suratno, S., & Irawati, H. (2024). *Peran Media Pembelajaran Berbasis TIK dalam Meningkatkan Pembelajaran Matematika di Sekolah Menengah Atas.*

- Prosiding Diskusi Panel Nasional Pendidikan Matematika, Universitas Indraprasta PGRI, 120–130.
- Da Fonte, M. A., & Barton-Arwood, S. M. (2017). Collaboration and teamwork in learning environments.
- Hendriana, H., et al. (2019). Kemampuan berpikir kritis matematis siswa dalam pembelajaran matematika.
- Heriyanto, H., Andrianingsih, V., & Nurramdaniyah, N. (2026). *Integrasi ICT dalam Pembelajaran Matematika Abad 21: Kajian Literatur*. EDUPEDIKA: Jurnal Studi Pendidikan dan Pembelajaran, 5(1), 15–28.
- Hernández-Martínez, M., Posso-Yépez, M., Cadena-Povea, H., Rivadeneira-Flores, J., & Placencia-Enríquez, F. (2025). *ICT for the Development of Mathematical Competencies in Secondary Education: A Systematic Review*. Cogent Education, 12(1), 1–20.
- Host, M., & Zanzini, N. B. (2025). *Integration of ICTs in the Teaching and Learning of Mathematics at Primary School Level*. International Journal of Research and Innovation in Social Science (IJRISS), IX(3), 45–60.
- Kemendikbud. (2019). *Pendidikan karakter dan keterampilan abad 21*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kusumaningtyas, N., & Supaman. (2020). Inovasi media interaktif dalam pembelajaran matematika.
- Legowo, E., et al. (2019). Pengembangan keterampilan 4C dalam pembelajaran.
- Lusiana, L., & Suryani, M. (2014). Metode SRL untuk mengidentifikasi Isu-Isu dalam Software Engineering. *Sains dan Teknologi informasi*, 3(1), 1-11.
- Mahmudah, F. N., Setyaningrum, W., & Faisal, M. (2024). *Tren Penelitian Integrasi ICT dalam Pembelajaran Matematika untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21*. AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika, 13(3), 233–250.
- Mu'minah, I. H., & Aripin, I. (2019). *Implementasi Pembelajaran IPA Berbasis STEM Berbantuan ICT untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21*. Jurnal Sainsmat, VIII(2), 69–87.
- Munahefi, D. N., et al. (2018). Kemampuan berpikir kreatif dalam pembelajaran matematika. Mujiasih, E., et al. (2021). Komunikasi dalam pembelajaran matematika.
- Pastor, M. J. D., & Pedro, L. A. C. (2023). *Mathematics Teachers' Levels of ICT Expertise and Use and Their Beliefs about ICT Integration and Students' Problem-Solving Skills*. Southeast Asia Mathematics Education Journal, 13(1), 55–70.
- Ranissa, S., Sintia, E., Andhika, M. Y., & Wahyudi, A. (2024). *Manfaat Integrasi Teknologi dalam Pembelajaran Matematika di Sekolah Dasar*. Jurnal Pendidikan Universitas Garut, 18(2), 163–175.

- Rohaeti, E. E., et al. (2019). Integrasi ICT dalam pembelajaran matematika.
- Sulisworo, D., & Permprayoon, K. (2018). The role of ICT in education and learning media. Sya'Roni, M., et al. (2020). Keterampilan abad 21 dalam pendidikan.
- Taneo, P. N. L., & Daniel, F. (2022). *Literatur Review: Penerapan ICT dan Kendalanya dalam Pembelajaran Matematika*. SIGMA DIDAKTIKA: Jurnal Pendidikan Matematika, 10(2), 45-56.
- Yazgan-Sağ, G., & Emre Akdoğan, E. (2016). Use of technology in mathematics education.
- Zulfa, L., & Mahmudah, U. (2023). *Inovasi Model Pembelajaran Matematika Abad 21: Sebuah Tinjauan Literatur*. Jurnal Pendidikan Matematika, 8(2), 101-115.