

INTEGRASI ICT DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA ABAD 21: KAJIAN LITERATUR

Heriyanto^{1*}, Vivi Andrianingsih², Nurramdaniyah³

¹Universitas Bima Internasional MFH, Mataram, Indonesia

²Institut Teknologi dan Kesehatan Aspirasi, Lombok Timur, Indonesia

³Institut Teknologi dan Kesehatan Aspirasi, Lombok Timur, Indonesia

*Corresponding Author: herpsm7@gmail.com

Kata Kunci:

ICT; Pembelajaran Matematika;
Keterampilan Abad 21

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk meninjau literatur terkait integrasi teknologi informasi dan komunikasi (ICT) dalam pembelajaran matematika abad 21. Fokus kajian diarahkan pada bagaimana ICT berkontribusi dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi (4C) yang menjadi tuntutan utama di era digital. Metode yang digunakan adalah studi kepustakaan dengan menganalisis berbagai artikel penelitian, laporan, dan publikasi akademik dalam kurun waktu 2015–2025. Hasil kajian menunjukkan bahwa penggunaan ICT, baik dalam bentuk perangkat lunak pembelajaran, aplikasi interaktif, maupun platform digital, mampu meningkatkan motivasi belajar, memperluas akses sumber belajar, serta memperkaya strategi pembelajaran matematika. Selain itu, integrasi ICT terbukti mendorong pembelajaran yang lebih kolaboratif, kontekstual, dan berpusat pada siswa. Namun demikian, tantangan yang muncul mencakup kesiapan guru dalam menguasai teknologi, keterbatasan infrastruktur, serta perlunya kurikulum yang adaptif terhadap perkembangan teknologi. Kajian ini merekomendasikan penguatan kompetensi digital guru, penyediaan sarana pendukung yang memadai, serta pengembangan model pembelajaran berbasis ICT yang berorientasi pada keterampilan abad 21.

Keywords:

ICT; Mathematics Learning;
21st Century Skills

Abstract: This study aims to review the literature related to the integration of information and communication technology (ICT) in 21st-century mathematics learning. The study focuses on how ICT contributes to developing critical thinking, creativity, communication, and collaboration (4C) skills, which are key demands in the digital era. The method used is a literature study by analyzing various research articles, reports, and academic publications in the period 2015–2025. The results of the study indicate that the use of ICT, whether in the form of learning software, interactive applications, or digital platforms, can increase learning motivation, expand access to learning resources, and enrich mathematics learning strategies. In addition, ICT integration has been shown to encourage more collaborative, contextual, and student-centered learning. However, challenges that arise include teacher readiness in mastering technology, limited infrastructure, and the need for a curriculum that is adaptive to technological developments. This study recommends strengthening teachers' digital competence, providing adequate supporting facilities, and developing ICT-based learning models oriented towards 21st-century skills.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (ICT) telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dunia pendidikan. Di era abad 21, pendidikan tidak lagi hanya berfokus pada transfer pengetahuan, tetapi juga pada pengembangan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi (4C) yang menjadi bekal penting bagi peserta didik untuk menghadapi tantangan global. Matematika sebagai salah satu mata pelajaran fundamental memegang peranan penting dalam membentuk pola pikir logis, analitis, dan problem solving, sehingga

integrasi ICT dalam pembelajaran matematika menjadi kebutuhan yang mendesak. Kurikulum matematika yang mengadopsi ICT dan pendekatan inovatif (misal, flipped classroom, PBL, blended learning) mendorong penguasaan keterampilan teknis, problem solving, dan literasi digital (Al Moray, 2024).

Integrasi ICT paling efektif jika didukung model pembelajaran inovatif dan kolaboratif, bukan sekadar digitalisasi metode tradisional (Mustafa, 2023). Penggunaan ICT, baik berupa perangkat lunak pembelajaran, aplikasi interaktif, maupun media digital, dapat meningkatkan kualitas proses pembelajaran. Integrasi teknologi ini tidak hanya memperkaya sumber belajar, tetapi juga memungkinkan terjadinya pembelajaran yang lebih kontekstual, interaktif, dan berpusat pada siswa. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa Studi eksperimental menunjukkan bahwa pembelajaran matematika dengan pendekatan modeling, game-based, dan collaborative learning secara signifikan meningkatkan motivasi, pemahaman konsep, dan literasi visual matematika. Model berbasis modeling memberikan dampak terbesar pada motivasi dan prestasi, sedangkan model kolaboratif unggul dalam meningkatkan persepsi literasi matematika (İlhan, 2021). Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa Model pembelajaran berbasis proyek yang mengintegrasikan teknologi dan etnomatematika efektif meningkatkan motivasi, pemecahan masalah, berpikir kreatif, dan kolaborasi siswa. Model ini dinilai sangat praktis dan valid untuk diterapkan di kelas (Wawan, Retnawati, & Setyaningrum, 2023). Berbagai model pembelajaran matematika berbasis ICT terbukti mampu meningkatkan motivasi, memperkuat pemahaman konsep, serta mendorong keterampilan kolaboratif peserta didik. Namun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek efektivitas penggunaan ICT secara teknis, sehingga diperlukan kajian literatur yang lebih komprehensif untuk melihat kontribusi ICT dalam membangun keterampilan abad 21.

Di sisi lain, implementasi ICT dalam pembelajaran matematika tidak lepas dari sejumlah tantangan. Faktor-faktor seperti keterbatasan infrastruktur, kesenjangan akses teknologi, serta kemampuan guru dalam menguasai perangkat digital sering menjadi hambatan dalam penerapannya. Kurikulum yang belum sepenuhnya adaptif terhadap perkembangan teknologi juga menjadi kendala yang memerlukan perhatian. Oleh karena itu, penting untuk meninjau bagaimana integrasi ICT dalam pembelajaran matematika dapat dirancang agar sejalan dengan kebutuhan abad 21 sekaligus relevan dengan konteks pendidikan di Indonesia. Keberhasilan integrasi ICT sangat bergantung pada kesiapan guru, pelatihan digital, dan perubahan peran menjadi fasilitator (Viberg, Grönlund, & Andersson, 2023). Hambatan seperti keterbatasan akses internet, perangkat, dan keterampilan ICT masih menjadi tantangan di beberapa wilayah (Perienen, 2020). Hasil penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa Penggunaan alat AI (seperti GeoGebra, ChatGPT) dan teknologi digital dalam pembelajaran

matematika memperkuat pemahaman konsep, meningkatkan kepercayaan diri, serta mendukung pembelajaran kolaboratif (Canonigo, 2024; Tene et al., 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini disusun dalam bentuk kajian literatur yang bertujuan untuk menganalisis tren, potensi, serta tantangan integrasi ICT dalam pembelajaran matematika. Fokus utama diarahkan pada kontribusi ICT dalam mengembangkan keterampilan abad 21, khususnya kemampuan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi. Kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai arah penelitian serta rekomendasi bagi pengembangan praktik pembelajaran matematika yang inovatif, adaptif, dan berdaya saing di era digital.

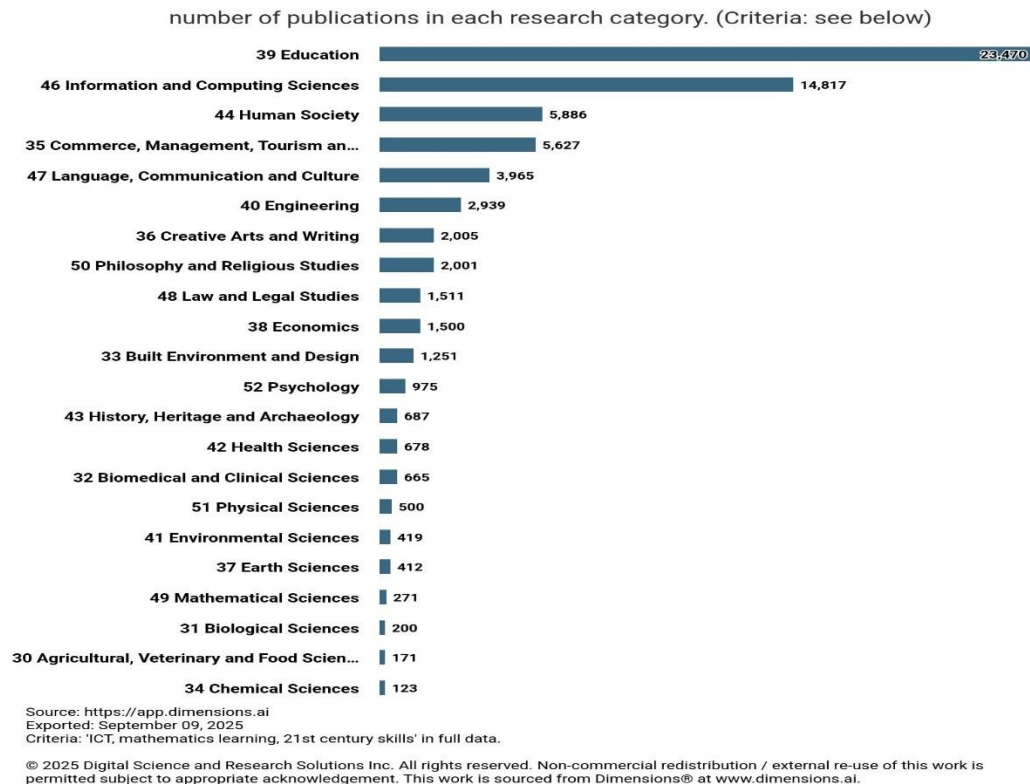
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian literatur (literature review) dengan tujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mensintesis hasil-hasil penelitian terkait integrasi ICT dalam pembelajaran matematika abad 21. Metode ini dipilih karena memungkinkan peneliti memperoleh gambaran menyeluruh mengenai perkembangan riset, tren, potensi, dan tantangan yang dihadapi dalam penerapan ICT di kelas matematika. Sumber data dalam kajian ini diperoleh dari berbagai publikasi ilmiah berupa artikel jurnal nasional dan internasional, prosiding konferensi, laporan penelitian, serta dokumen akademik relevan yang dipublikasikan dalam rentang waktu 2015–2025. Basis data yang digunakan antara lain Google Scholar, Scopus, DOAJ, dan SINTA dengan kata kunci pencarian “ICT dalam pembelajaran matematika”, “21st century skills”, “literasi digital”, dan “mathematics education with ICT”. Proses seleksi literatur dilakukan melalui beberapa tahap. Pertama, identifikasi awal dilakukan dengan menelusuri artikel berdasarkan kata kunci yang telah ditentukan. Kedua, screening dilakukan dengan menyeleksi artikel berdasarkan judul, abstrak, dan kesesuaian topik. Ketiga, dilakukan eligibility dengan membaca penuh artikel untuk memastikan relevansi dengan fokus penelitian. Artikel yang memenuhi kriteria inklusi, yaitu membahas integrasi ICT dalam pembelajaran matematika dan mengaitkannya dengan keterampilan abad 21, dimasukkan dalam analisis. Data yang diperoleh dianalisis dengan teknik analisis isi (content analysis). Proses analisis meliputi pengelompokan temuan penelitian ke dalam tema-tema utama, seperti peran ICT dalam mendukung keterampilan 4C, bentuk implementasi ICT dalam pembelajaran matematika, manfaat dan hambatan yang muncul, serta rekomendasi pengembangan ke depan. Hasil analisis kemudian disintesis untuk menghasilkan kesimpulan yang komprehensif mengenai kontribusi integrasi ICT terhadap pembelajaran matematika abad 21.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berikut adalah basis data yang digunakan antara lain Google Scholar, Scopus, DOAJ, dan SINTA dengan kata kunci pencarian “ICT dalam pembelajaran matematika”, “21st century skills”, “literasi digital”, dan “mathematics education with ICT”.



Gambar 1. Jumlah Publikasi Dalam Berbagai Kategori Penelitian Berdasarkan Data Dari Dimensions.ai

Gambar tersebut menampilkan diagram batang yang menunjukkan jumlah publikasi dalam berbagai kategori penelitian berdasarkan data dari Dimensions.ai hingga 9 September 2025, dengan kriteria "ICT, mathematics learning, 21st century skills". Dari diagram terlihat bahwa kategori Pendidikan (Education) memiliki jumlah publikasi terbanyak, yaitu 23.470 publikasi, menunjukkan bahwa topik ini menjadi fokus utama penelitian terkait keterampilan abad ke-21 dan pembelajaran matematika berbasis ICT. Kategori berikutnya adalah Ilmu Informasi dan Komputasi (Information and Computing Sciences) dengan 14.817 publikasi, diikuti oleh Ilmu Sosial (Human Society) sebanyak 5.886 publikasi, serta Perdagangan, Manajemen, Pariwisata, dan Layanan (Commerce, Management, Tourism and Services) dengan 5.627 publikasi. Sementara itu, kategori dengan jumlah publikasi paling sedikit adalah Ilmu Kimia (Chemical Sciences) dengan hanya 123 publikasi. Secara keseluruhan,

grafik ini memperlihatkan bahwa penelitian mengenai keterampilan abad ke-21 dan pembelajaran berbasis ICT paling banyak dilakukan di bidang pendidikan dan teknologi informasi, sedangkan bidang sains murni seperti kimia dan biologi masih memiliki kontribusi penelitian yang relatif kecil dalam topik tersebut.

Name Organization, Country	↓ Publications	Citations	Citations mean
Iztok Podbregar University of Maribor, Slovenia	207	33	0.16
North-West University	197	464	2.36
Polona Šprajc University of Maribor, Slovenia	175	27	0.15
Andreja Pucihar University of Maribor, Slovenia	169	961	5.69
Roger W H Bons Open University in the Netherlands, Netherlands	161	951	5.91
Mirjana Kljajic Borstnar University of Maribor, Slovenia	121	782	6.46
Juergen Seitz Baden-Wuerttemberg Cooperative State University, Ger...	111	389	3.50
Pascal Ravesteijn University of Applied Sciences Utrecht, Netherlands	106	780	7.36
Olja Arsenijević	102	20	0.20
Dragan Trivan	100	20	0.20

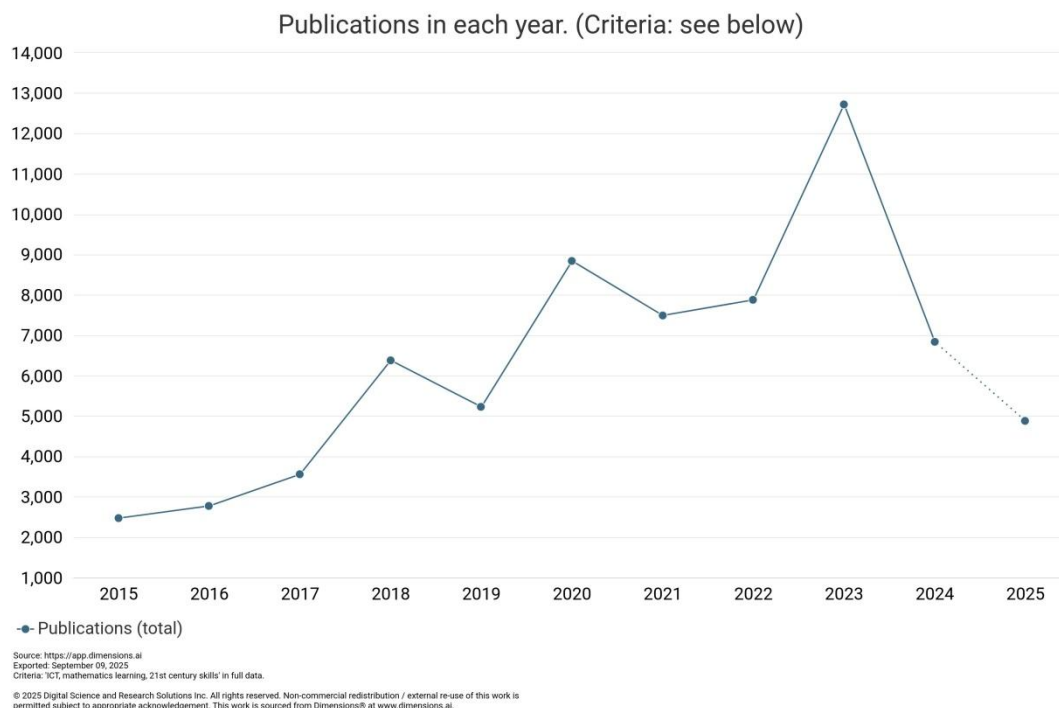
Gambar 2. Daftar Peneliti Dan Institusi Dengan Jumlah Publikasi Terbanyak Beserta Jumlah Sitasi (*Citations*) Dan Rata-Rata Sitasi Per Publikasi (*Citations Mean*)

Gambar tersebut menampilkan daftar peneliti dan institusi dengan jumlah publikasi terbanyak beserta jumlah sitasi (*citations*) dan rata-rata sitasi per publikasi (*citations mean*). Berdasarkan data tersebut, Iztok Podbregar dari University of Maribor, Slovenia menempati posisi pertama dengan 207 publikasi, namun memiliki jumlah sitasi yang relatif rendah yaitu 33, dengan rata-rata sitasi hanya 0,16 per publikasi. Di posisi kedua, North-West University memiliki 197 publikasi dengan 464 sitasi dan rata-rata 2,36 sitasi per publikasi. Sementara itu, peneliti dengan pengaruh ilmiah tertinggi berdasarkan rata-rata sitasi adalah Pascal Ravesteijn dari University of Applied Sciences Utrecht, Netherlands, dengan 106 publikasi, 780 sitasi, dan rata-rata 7,36 sitasi per publikasi. Beberapa peneliti lain yang juga memiliki rata-rata sitasi tinggi antara lain Mirjana Kljajic Borstnar (6,46), Roger W. H. Bons (5,91), dan Andreja Pucihar (5,69), semuanya menunjukkan dampak ilmiah yang cukup kuat meskipun jumlah publikasinya tidak sebanyak peneliti teratas. Secara keseluruhan, tabel ini memperlihatkan bahwa jumlah publikasi tidak selalu berbanding lurus dengan pengaruh ilmiah, karena peneliti dengan publikasi lebih sedikit bisa saja memiliki tingkat sitasi yang lebih tinggi.

Name	↓ Publications	Citations	Citations mean
Lecture Notes in Computer Science	2,656	18,578	6.99
Encyclopedia of the UN Sustainable Develop...	1,021	1,798	1.76
Communications in Computer and Informati...	949	3,209	3.38
Lecture Notes in Networks and Systems	897	2,709	3.02
Advances in Intelligent Systems and Compu...	780	6,058	7.77
SSRN Electronic Journal	534	2,517	4.71
Education and Information Technologies	469	10,787	23.00
Advances in Social Science, Education and ...	427	691	1.62
Integration of Education	425	1,495	3.52
IFIP Advances in Information and Communi...	415	2,417	5.82
Sustainability	354	11,677	32.99
Journal of Physics Conference Series	345	2,766	8.02
Education Sciences	311	5,028	16.17

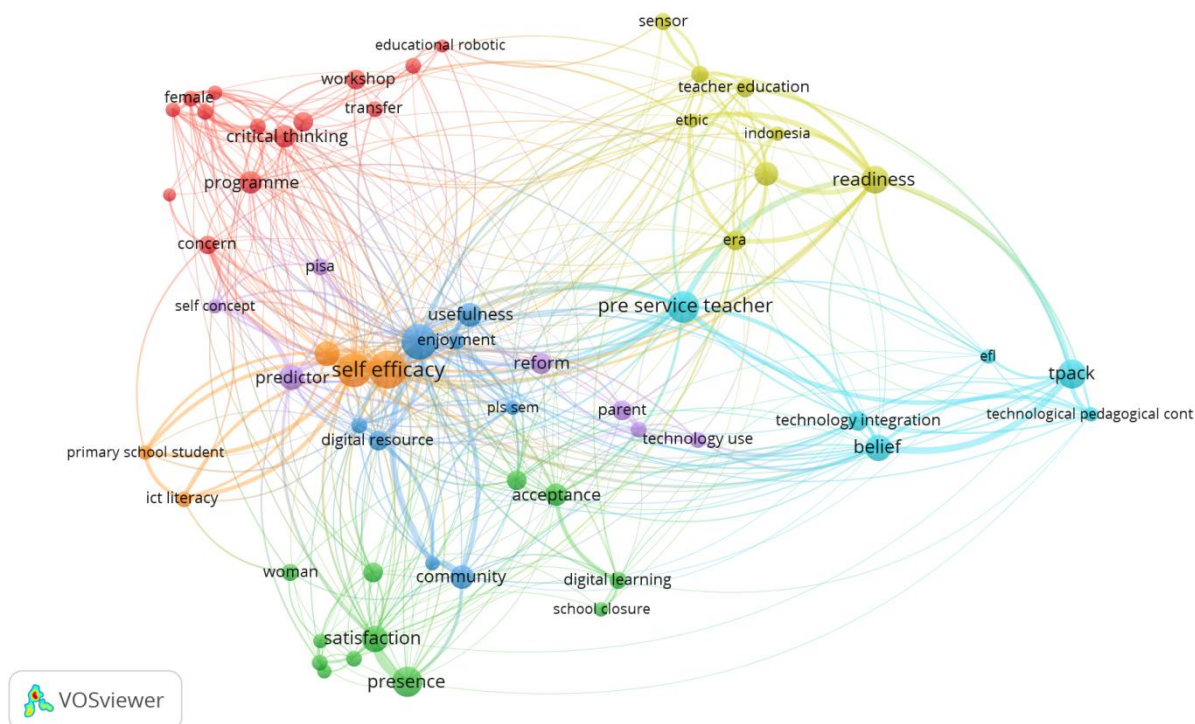
Gambar 3. Daftar Jurnal Atau Sumber Publikasi Ilmiah Dengan Jumlah Publikasi, Total Sitasi, Dan Rata-Rata Sitasi Per Publikasi (*Citations Mean*).

Gambar tersebut menampilkan daftar jurnal atau sumber publikasi ilmiah dengan jumlah publikasi, total sitasi, dan rata-rata sitasi per publikasi (*citations mean*). Berdasarkan data tersebut, Lecture Notes in Computer Science menempati posisi teratas dengan 2.656 publikasi dan 18.578 sitasi, dengan rata-rata 6,99 sitasi per publikasi, menunjukkan kontribusi besar dalam bidang ilmu komputer. Di posisi kedua terdapat Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals dengan 1.021 publikasi dan 1.798 sitasi (rata-rata 1,76). Sementara itu, jurnal Education and Information Technologies memiliki 469 publikasi dengan 10.787 sitasi, menghasilkan rata-rata sitasi tertinggi kedua yaitu 23,00, yang menunjukkan dampak ilmiah yang sangat tinggi di bidang pendidikan dan teknologi informasi. Jurnal Sustainability juga mencatat pengaruh besar dengan 354 publikasi, 11.677 sitasi, dan rata-rata 32,99 sitasi per publikasi, menjadikannya sumber dengan dampak tertinggi dalam daftar ini. Secara umum, tabel ini menunjukkan bahwa meskipun jumlah publikasi penting, kualitas dan pengaruh penelitian yang diukur melalui rata-rata sitasi menjadi indikator utama dalam menilai reputasi dan kontribusi ilmiah suatu jurnal.



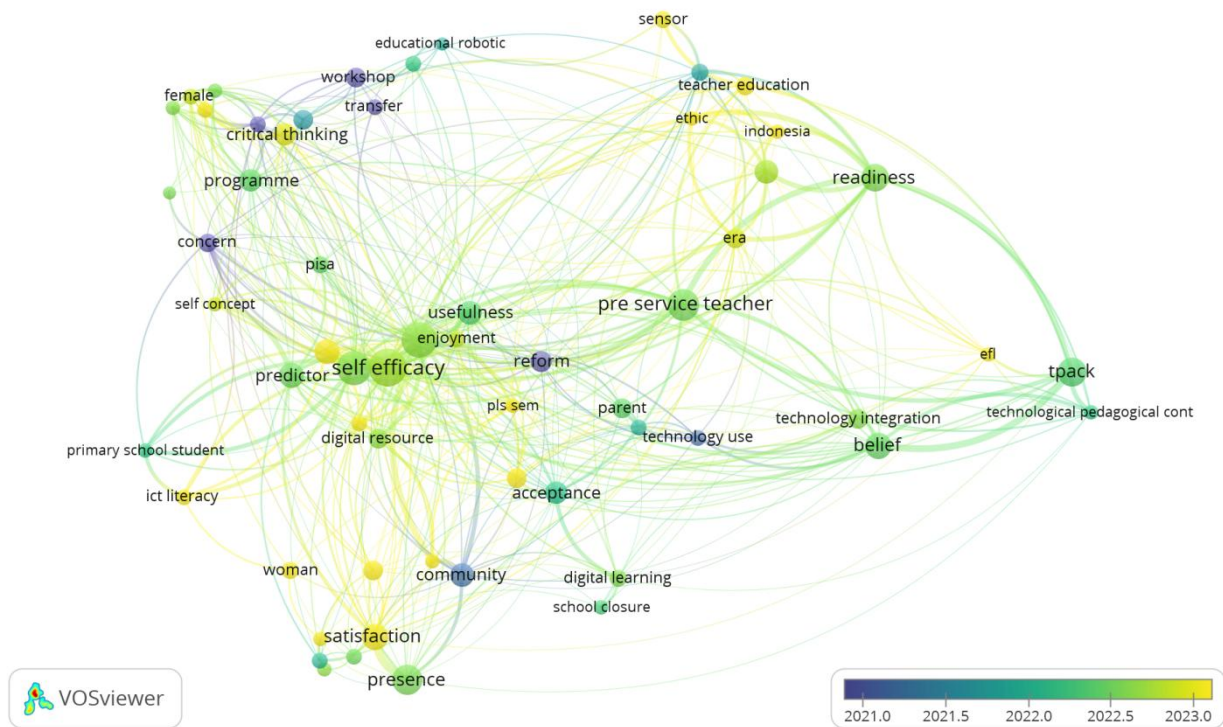
Gambar 4. Grafik Jumlah Publikasi Per Tahun Berdasarkan Kriteria “ICT, Mathematics Learning, 21st Century Skills” Dari Tahun 2015 Hingga 2025.

Gambar tersebut menunjukkan grafik jumlah publikasi per tahun berdasarkan kriteria “ICT, mathematics learning, 21st century skills” dari tahun 2015 hingga 2025. Terlihat bahwa jumlah publikasi mengalami peningkatan yang cukup signifikan dari tahun ke tahun, terutama antara 2017 hingga 2023. Pada awal periode, tahun 2015 mencatat sekitar 2.000 publikasi, kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai sekitar 6.500 publikasi pada tahun 2018. Setelah sempat menurun sedikit pada 2019, terjadi lonjakan besar pada tahun 2020 dengan sekitar 9.000 publikasi, yang kemungkinan dipengaruhi oleh meningkatnya minat penelitian di bidang pembelajaran digital selama pandemi. Puncak tertinggi terjadi pada tahun 2023 dengan lebih dari 13.000 publikasi, menunjukkan antusiasme riset yang sangat tinggi pada tema tersebut. Namun, grafik menunjukkan penurunan tajam pada tahun 2024 dan 2025 (data 2025 masih bersifat proyeksi), menandakan bahwa jumlah publikasi mungkin menurun atau data untuk tahun tersebut belum sepenuhnya terhimpun. Secara keseluruhan, tren ini memperlihatkan perkembangan pesat penelitian di bidang pembelajaran berbasis teknologi dan keterampilan abad ke-21 selama dekade terakhir.



Gambar 5. Visualisasi Jaringan Kata Kunci (*Keyword Co-Occurrence Network*).

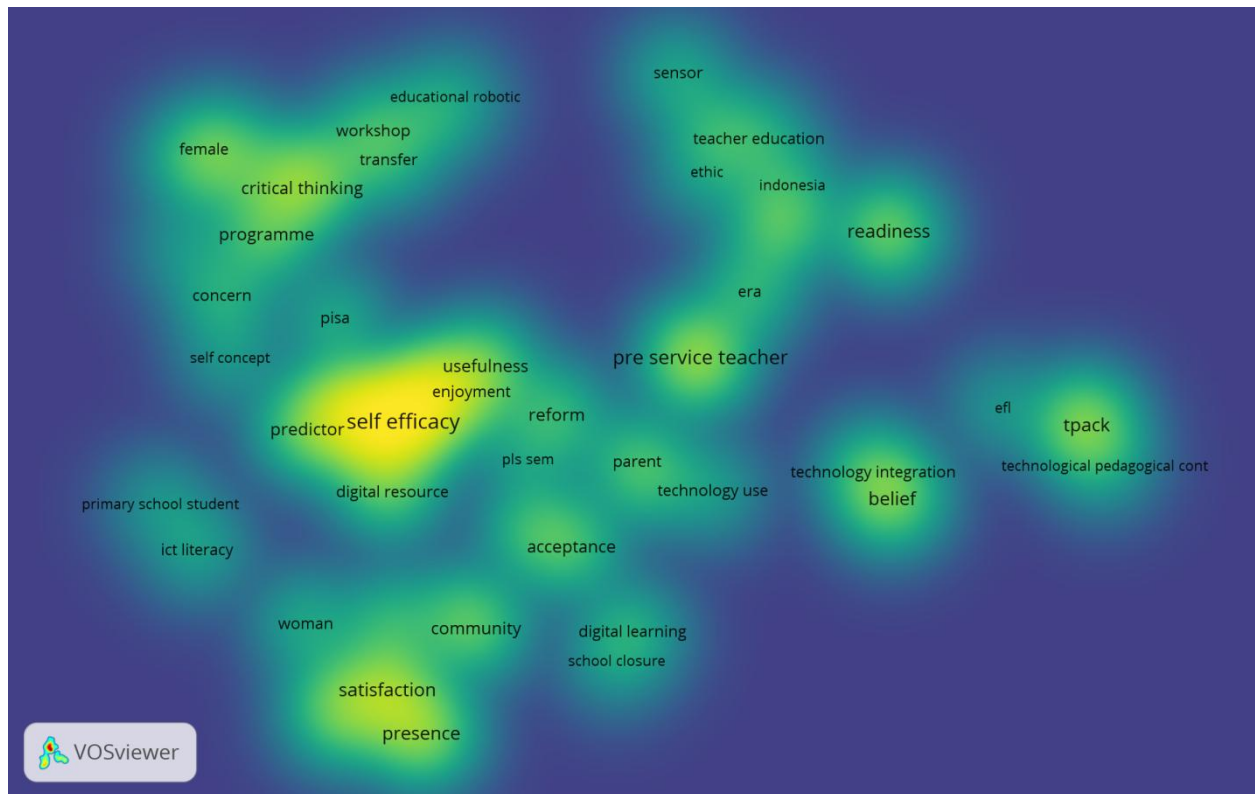
Gambar tersebut merupakan visualisasi jaringan kata kunci (keyword co-occurrence network) yang dibuat menggunakan perangkat lunak VOSviewer, menggambarkan keterkaitan antar topik penelitian dalam bidang pembelajaran abad ke-21, khususnya yang berkaitan dengan ICT dan pembelajaran matematika. Setiap warna mewakili kelompok (cluster) tema penelitian yang saling berhubungan. Kata kunci yang paling menonjol di pusat jaringan adalah “self efficacy”, menunjukkan bahwa konsep efikasi diri merupakan topik yang sering muncul dan menjadi penghubung antara berbagai tema lain seperti “usefulness,” “predictor,” “reform,” dan “pre service teacher.” Cluster berwarna merah berkaitan dengan pengembangan keterampilan berpikir kritis, program pelatihan, dan isu gender (seperti *female*, *critical thinking*, *programme*), sedangkan cluster kuning berfokus pada kesiapan guru dan pendidikan guru (*teacher education*, *readiness*, *ethic*, *Indonesia*). Cluster biru muda menyoroti topik TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) dan integrasi teknologi dalam pembelajaran, sementara cluster hijau berhubungan dengan kepuasan, komunitas belajar, dan pembelajaran digital. Secara keseluruhan, peta ini memperlihatkan bahwa penelitian dalam bidang ICT dan pembelajaran abad ke-21 banyak berpusat pada pengembangan efikasi diri guru, integrasi teknologi dalam pendidikan, dan kesiapan calon guru, dengan hubungan erat antara aspek psikologis, pedagogis, dan teknologi dalam proses pembelajaran modern.



Gambar 6. Visualisasi Peta Jaringan Kata Kunci Berdasarkan Tahun Publikasi Yang Dibuat Menggunakan Vosviewer

Gambar tersebut merupakan visualisasi peta jaringan kata kunci berdasarkan tahun publikasi yang dibuat menggunakan VOSviewer. Warna pada jaringan menunjukkan periode waktu kemunculan kata kunci mulai dari biru tua (sekitar tahun 2021) hingga kuning (sekitar tahun 2023). Dari visualisasi tersebut tampak bahwa kata kunci “self efficacy” menempati posisi sentral, menjadi penghubung utama antara berbagai tema penelitian. Kata kunci ini sering muncul bersama topik seperti *usefulness*, *predictor*, *digital resource*, dan *pre service teacher*, yang menunjukkan bahwa efikasi diri menjadi faktor penting dalam penerapan pembelajaran berbasis teknologi dan pengembangan keterampilan abad ke-21. Selain itu, area berwarna kuning yang mencakup kata kunci seperti “readiness,” “acceptance,” “community,” dan “satisfaction” menunjukkan bahwa topik-topik tersebut merupakan tren penelitian yang lebih baru, banyak dikaji pada periode 2022–2023. Sementara itu, kata kunci berwarna biru seperti “critical thinking,” “programme,” dan “technology use” mencerminkan topik yang lebih awal dibahas sekitar tahun 2021. Jaringan ini juga memperlihatkan keterkaitan yang kuat antara aspek teknologi (seperti TPACK dan technology integration) dengan aspek psikologis dan pedagogis (seperti self efficacy dan belief), menandakan arah penelitian yang semakin menggabungkan dimensi teknologi, kesiapan guru, dan efektivitas pembelajaran digital. Secara keseluruhan, peta ini menggambarkan evolusi penelitian yang bergerak dari fokus awal pada

penerapan teknologi menuju eksplorasi kesiapan dan kepercayaan diri guru dalam mengintegrasikan teknologi dalam proses pembelajaran.



Gambar 7. Visualisasi Peta Keterkaitan Kata Kunci (*Keyword Co-Occurrence*) Yang Dihasilkan Menggunakan Vosviewer

Gambar di atas merupakan visualisasi peta keterkaitan kata kunci (keyword co-occurrence) yang dihasilkan menggunakan VOSviewer. Warna kuning menunjukkan kata kunci yang paling sering muncul dan memiliki keterkaitan kuat dengan topik penelitian lainnya, sedangkan warna hijau hingga biru menunjukkan frekuensi yang lebih rendah. Terlihat bahwa “self efficacy” menjadi pusat utama dengan intensitas warna paling terang, menandakan bahwa konsep ini merupakan topik yang paling dominan dan sering dikaitkan dengan penelitian terkait pendidikan, terutama dalam konteks kesiapan dan kepercayaan diri calon guru (pre-service teacher) dalam mengintegrasikan teknologi. Kata kunci lain yang muncul di sekitar seperti “usefulness,” “predictor,” “belief,” “readiness,” “tpack,” dan “technology integration” menunjukkan adanya fokus penelitian pada faktor-faktor yang memengaruhi kemampuan guru dalam menggunakan teknologi pendidikan. Selain itu, kata-kata seperti “satisfaction,” “community,” dan “critical thinking” mengindikasikan bahwa penelitian juga menyoroti aspek pengalaman belajar digital, kepuasan pengguna, serta pengembangan keterampilan berpikir kritis. Secara keseluruhan, peta ini menggambarkan tren penelitian yang berpusat pada efikasi diri guru dan calon guru dalam pemanfaatan teknologi pendidikan serta keterkaitannya dengan kesiapan, keyakinan, dan hasil pembelajaran di era digital.

Pembahasan

Berdasarkan hasil visualisasi bibliometrik dengan kata kunci ICT, mathematics learning, dan 21st century skills, terlihat bahwa perkembangan penelitian pada topik ini mengalami peningkatan yang signifikan sejak tahun 2015 hingga mencapai puncaknya pada tahun 2023. Tren tersebut menunjukkan bahwa isu integrasi teknologi dalam pembelajaran matematika dan pengembangan keterampilan abad ke-21 menjadi perhatian besar di kalangan peneliti pendidikan (Gambar 5). Peningkatan publikasi yang cukup tajam pada tahun 2020 hingga 2023 kemungkinan besar dipengaruhi oleh kebutuhan pembelajaran daring selama masa pandemi COVID-19, yang mendorong guru dan calon guru untuk beradaptasi dengan penggunaan teknologi informasi dalam proses belajar mengajar (Ritonga et al., 2023; Saputra, 2024).

Hasil visualisasi co-occurrence network (Gambar 6) memperlihatkan bahwa kata kunci yang paling dominan dan saling berhubungan adalah self-efficacy, pre-service teacher, TPACK, readiness, belief, dan technology integration. Kata kunci tersebut membentuk beberapa kluster penelitian utama. Kluster pertama berfokus pada aspek psikologis guru dan siswa seperti self-efficacy, critical thinking, dan self-concept; kluster kedua berkaitan dengan kesiapan dan kemampuan calon guru dalam mengintegrasikan teknologi (readiness, pre-service teacher); sementara kluster ketiga berpusat pada model konseptual TPACK (technological pedagogical content knowledge) yang menjadi kerangka kerja penting dalam pengajaran berbasis ICT. Hubungan antar-kluster tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan pembelajaran matematika abad ke-21 sangat dipengaruhi oleh faktor efikasi diri guru dan kesiapan mereka dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam praktik pembelajaran (Ningsih, 2024).

Selanjutnya, hasil overlay visualization (Gambar 7) memperlihatkan dinamika perkembangan temporal penelitian dari tahun 2021 hingga 2023. Warna kuning menandai topik-topik yang lebih baru, seperti self-efficacy, readiness, dan TPACK, yang mulai mendominasi publikasi terkini. Hal ini menandakan bahwa perhatian peneliti dalam periode 2020–2025 beralih pada upaya memahami bagaimana kesiapan guru dan calon guru matematika dalam menghadapi tuntutan pembelajaran abad ke-21 yang berbasis digital (Mulyani & Zulkarnaen, 2025). Fokus penelitian tersebut juga sejalan dengan kebutuhan pengembangan digital literacy dan technological integration sebagai bagian penting dari kemampuan abad ke-21.

Sementara itu, density visualization (Gambar 4) menunjukkan bahwa istilah self-efficacy memiliki kepadatan tertinggi di antara kata kunci lainnya, diikuti oleh TPACK, readiness, dan satisfaction. Temuan ini menunjukkan bahwa self-efficacy menjadi inti atau pusat dalam pengembangan pembelajaran matematika berbasis ICT. Beberapa penelitian terkini memperkuat temuan ini, seperti studi yang dilakukan oleh Putri et al. (2024) yang menunjukkan bahwa self-efficacy guru berperan penting dalam meningkatkan keterlibatan siswa pada pembelajaran matematika berbasis

teknologi, serta penelitian oleh Hanum dan Lestari (2024) yang menemukan bahwa TPACK efektif meningkatkan efikasi diri calon guru matematika dalam mengintegrasikan teknologi pembelajaran. Selain itu, penelitian oleh Miswar dan Wahyuni (2023) juga menegaskan bahwa kesiapan guru (readiness) dalam mengadopsi TPACK sangat berpengaruh terhadap kualitas pembelajaran matematika abad ke-21. Peta penelitian ini menunjukkan bahwa dalam konteks pembelajaran matematika abad ke-21, penggunaan ICT tidak hanya berperan sebagai alat bantu teknis, tetapi juga sebagai sarana untuk membangun kepercayaan diri, kesiapan, dan kemampuan reflektif guru serta siswa. Dengan demikian, penelitian di masa depan disarankan untuk menekankan kolaborasi antara pengembangan TPACK, peningkatan self-efficacy, serta penerapan strategi pembelajaran berbasis teknologi yang berorientasi pada penguatan 21st century skills seperti berpikir kritis, kolaborasi, kreativitas, dan komunikasi.

KESIMPULAN

Kajian literatur ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi informasi dan komunikasi (ICT) dalam pembelajaran matematika memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas pembelajaran di era abad 21. Penggunaan ICT terbukti mampu memperkuat literasi matematika, meningkatkan motivasi belajar, serta mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi (4C). Selain itu, ICT berperan dalam menciptakan pembelajaran yang lebih interaktif, kolaboratif, dan berpusat pada siswa. Meskipun demikian, implementasi ICT masih menghadapi sejumlah tantangan, terutama terkait keterbatasan infrastruktur, kesenjangan akses teknologi, serta rendahnya kompetensi digital sebagian guru. Kurikulum yang belum sepenuhnya adaptif terhadap perkembangan teknologi juga menjadi kendala dalam optimalisasi integrasi ICT. Oleh karena itu, diperlukan strategi yang lebih sistematis agar ICT tidak hanya dimanfaatkan sebagai alat bantu, tetapi benar-benar terintegrasi dalam proses pembelajaran matematika yang berorientasi pada keterampilan abad 21.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah memberi dukungan financial terhadap pelaksanaan kegiatan ini.

DAFTAR REFERENSI

- Al Moray, N. A. (2024). The Integration of 21st-Century Skills in Grade Eight Mathematics Curriculum. *Journal of Curriculum and Teaching*, 13(2), 271–282. <https://doi.org/10.5430/jct.v13n2p271>
- Canonigo, A. (2024). Canonigo, A. (2024). Levering AI to enhance students' conceptual understanding and confidence in mathematics. *J. Comput. Assist. Learn.*, 40, 3215–3229.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jcal.13065>.

- Hanum, H. H., & Lestari, I. (2024). Integrasi kemampuan TPACK untuk penguatan kompetensi pedagogi guru SD. *Warta LPM*, 25(1), 33–43. <https://doi.org/10.23917/warta.v25i1.595>
- İlhan, A. (2021). The Impact of Game-Based, Modeling, and Collaborative Learning Methods on the Achievements, Motivations, and Visual Mathematical Literacy Perceptions. *SAGE Open*, 11(1). <https://doi.org/10.1177/21582440211003567>
- Mulyani, H., & Zulkarnaen, R. H. (2025). Profil kemampuan literasi calon guru dalam konteks pembelajaran digital abad ke-21. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 9(2), 304–316
- Mustafa, A. N. (2023). Transformative approaches and challenges in 21st century mathematics education: A comprehensive review. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 20(3), 444–457. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.20.3.2508>
- Ningsih, E., P. 2024. Persepsi Guru Terhadap Integrasi Teknologi dalam Pembelajaran di Sekolah Menengah Pertama. (2024). *EduTech Journal*, 1(1), 17-24. <https://doi.org/10.62872/3p9sk540>.
- Miswar & Wahyuni, R. (2023). Pengaruh TPACK dan Technology Integration Self Efficacy (TISE) terhadap kesiapan guru matematika dalam melaksanakan rencana aksi. *Jurnal Pembelajaran dan Matematika SIGMA*, 9(1), 68–73. <https://doi.org/10.36987/jpms.v9i1.4300>
- Perienen, A. (2020). Frameworks for ICT Integration in Mathematics Education - A Teacher's Perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(6), 1–12. <https://doi.org/10.29333/EJMSTE/7803>
- Putri, A., Karo, Z. B., Herawati, H., & Syahrial, S. (2024). Analisis peningkatan keterlibatan siswa melalui pendekatan TPACK dalam proses belajar mengajar. *Morfologi : Jurnal Ilmu Pendidikan, Bahasa, Sastra dan Budaya*, 2(3), 181–190. <https://doi.org/10.61132/morfologi.v2i3.635>
- Ritonga, M. S., Sumanti, S. T., & Anas, N. (2023). Analisis kemampuan guru pendidikan agama Islam (PAI) dalam mengimplementasikan Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) di sekolah dasar. *Jurnal EDUCATIO: Jurnal Pendidikan Indonesia*, 9(2), 722–732. <https://doi.org/10.29210/1202323203>
- Saputra, E. (2024). Pemanfaatan teknologi informasi sebagai sumber belajar guna meningkatkan hasil belajar. *UNISAN JURNAL*, 3(7), 26–37. Retrieved from <https://journal.an-nur.ac.id/index.php/unisanjournal/article/view/3112>
- Tene, T., Marcatoma Tixi, J. A., Palacios Robalino, M. de L., Mendoza Salazar, M. J., Vacacela Gomez, C., & Bellucci, S. (2024). Integrating immersive technologies with STEM education: a systematic review. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1410163>
- Viberg, O., Grönlund, Å., & Andersson, A. (2023). Integrating digital technology in mathematics education: a Swedish case study. *Interactive Learning Environments*, 31(1), 232–243.

<https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1770801>

Wawan, W., Retnawati, H., & Setyaningrum, W. (2023). An Integrative Learning Model to Improve Problem-Solving and Creative Thinking Abilities, Collaboration, and Motivation. *Islamic Guidance and Counseling Journal*, 6(2). <https://doi.org/10.25217/0020236402400>