

Information and Communication Technology (ICT)–Based Educational Transformation in Indonesia: A Systematic Literature Review

Transformasi Pendidikan di Indonesia Berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi (ICT):
Systematic Literature Review

*Fathirma'ruf¹, Asmedy²

^{1,2}Program studi Pendidikan Teknologi Informasi, STKIP Yapis Dompu, Nusa Tenggara Barat, Indonesia
Correspondence Email: fathir.ntb@gmail.com

Article History: Submission: 2026-02-14 || Accepted: 2026-03-15 || Published: 2026-03-30

Sejarah Artikel: Penyerahan: 2026-02-14 || Diterima: 2026-03-15 || Dipublikasi: 2026-03-30

Abstract

This study aims to analyze the implementation of Information and Communication Technology (ICT) in formal education in Indonesia, particularly regarding trends in technology adoption, the types of technologies most commonly used, and their impact on learning effectiveness. The study employed a Systematic Literature Review (SLR) method based on the PRISMA guidelines, analyzing 100 articles indexed in the Scopus database. The findings indicate that ICT implementation is still predominantly concentrated at the higher education level, while early childhood and primary education remain relatively underdeveloped due to limitations in infrastructure and digital literacy. The most frequently utilized technologies include Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), Learning Management Systems (LMS), and Artificial Intelligence (AI). Most studies highlight the positive impact of ICT on improving learning outcomes, conceptual understanding, and higher-order thinking skills (HOTS), as well as enhancing student motivation and participation through interactive technologies. However, the application of ICT in the psychomotor domain remains limited. These findings suggest that ICT-based educational transformation requires stronger support through the development of teachers' competencies, equitable infrastructure distribution, and the selection of technologies aligned with pedagogical objectives.

Keywords: ICT, Formal Education, Augmented Reality, Learning Effectiveness, SLR.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi (ICT) dalam pendidikan formal di Indonesia, khususnya terkait tren implementasi teknologi, jenis teknologi yang dominan digunakan, serta dampaknya terhadap efektivitas pembelajaran. Penelitian menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) berdasarkan pedoman PRISMA, dengan menganalisis 100 artikel yang terindeks Scopus. Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan ICT masih didominasi pada jenjang pendidikan tinggi, sedangkan PAUD dan sekolah dasar relatif tertinggal karena keterbatasan infrastruktur dan literasi digital. Teknologi yang paling banyak digunakan meliputi Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), Learning Management Systems (LMS), dan Artificial Intelligence (AI). Sebagian besar penelitian menyoroti dampak ICT terhadap peningkatan hasil belajar, pemahaman konseptual, dan keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS), serta peningkatan motivasi dan partisipasi siswa melalui teknologi interaktif. Namun, pemanfaatan ICT pada ranah psikomotorik masih terbatas. Temuan ini menunjukkan bahwa transformasi pendidikan berbasis ICT memerlukan dukungan penguatan kompetensi guru, pemerataan infrastruktur, serta pemilihan teknologi yang selaras dengan tujuan pedagogis.

Kata kunci: TIK, Pendidikan Formal, Augmented Reality, Efektivitas Pembelajaran, SLR.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



I. PENDAHULUAN

Teknologi Informasi dan Komunikasi (ICT) telah menjadi salah satu pilar utama dalam mendorong transformasi digital di berbagai sektor, termasuk pendidikan (Limna et al., 2022). Perkembangan pesat teknologi informasi seperti internet, Artificial Intelligence (AI), Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), perangkat lunak berbasis cloud, multimedia interaktif, serta perangkat pembelajaran berbasis game telah membuka peluang baru bagi guru dan pendidik untuk merancang strategi dan desain pembelajaran yang lebih inovatif, adaptif, dan kontekstual. Ketertarikan pendidik pada berbagai jenjang pendidikan dalam memanfaatkan ICT berkembang secara masif dalam beberapa tahun terakhir (Wulandari et al., 2017), baik pada pendidikan formal maupun nonformal. Meskipun demikian, pemanfaatan ICT dalam pembelajaran bukanlah hal baru. Sejak lebih dari empat puluh tahun yang lalu, media seperti radio dan televisi telah dimanfaatkan

untuk mendukung pembelajaran terbuka dan jarak jauh (Kawas, 2010), yang menunjukkan bahwa ICT memiliki sejarah panjang sebagai instrumen pendukung pendidikan (Santosa et al., 2020).

Secara konseptual, ICT mengacu pada perangkat keras, perangkat lunak, jaringan, serta media digital yang digunakan untuk mengelola informasi dan mendukung komunikasi dalam berbagai bentuk. Dalam konteks pendidikan, ICT mencakup Learning Management Systems (LMS), platform berbasis cloud, AI, AR, VR, simulasi virtual, perpustakaan digital, serta sistem administrasi akademik (Limna et al., 2022). Ruang lingkup ICT tidak hanya terbatas pada proses pembelajaran, tetapi juga mencakup pengelolaan institusi pendidikan, mulai dari administrasi hingga pengelolaan data peserta didik (Moloi et al., 2021). Kemampuan ICT dalam mendukung pembelajaran yang berlangsung kapan saja dan di mana saja menjadikannya solusi yang relevan di era digital, terutama melalui model pembelajaran asynchronous yang memungkinkan distribusi dan penerimaan materi dilakukan tanpa batasan ruang dan waktu (Santosa et al., 2020). Selain itu, perkembangan AI memungkinkan personalisasi pembelajaran sesuai kebutuhan individu peserta didik (Hwang et al., 2020), sementara teknologi interaktif yang dipersonalisasi terbukti mampu meningkatkan kompetensi dan keterampilan peserta didik (Luan et al., 2020; Wulandari et al., 2017). AR dan VR juga menciptakan pengalaman belajar yang lebih imersif dan kontekstual sehingga berpotensi meningkatkan pemahaman konseptual serta keterlibatan siswa (Hwang et al., 2020).

Di berbagai negara berkembang, ICT telah dimanfaatkan sebagai strategi untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan menjembatani kesenjangan akses. Penelitian di India melalui proyek Hole-in-the-Wall menunjukkan bahwa akses langsung terhadap perangkat ICT sederhana mampu mendorong pembelajaran mandiri di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur (Mitra et al., 2016). Di Afrika Selatan, pemanfaatan LMS terbukti membantu peningkatan penguasaan bahasa kedua di sekolah menengah (Moloi et al., 2021). Malaysia mengimplementasikan konsep Smart Classroom yang memungkinkan kolaborasi real-time antara guru dan siswa melalui perangkat digital, sementara Vietnam mengintegrasikan game-based learning dan aplikasi AI untuk meningkatkan keterlibatan siswa pada jenjang pendidikan dasar hingga menengah (Hwang et al., 2020). Di Korea Selatan, penggunaan VR membantu siswa memahami konsep fisika yang abstrak melalui simulasi virtual (Hwang et al., 2020), dan di Inggris AR digunakan untuk memvisualisasikan anatomi tubuh manusia secara interaktif dalam pembelajaran biologi. Studi-studi tersebut menunjukkan bahwa ICT dapat menjadi alat yang efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran apabila diadopsi secara kontekstual sesuai kebutuhan sosial dan ekonomi masing-masing negara. Namun demikian, berbagai tantangan tetap muncul, seperti keterbatasan infrastruktur teknologi, biaya pengadaan perangkat, serta rendahnya literasi digital pendidik dan siswa (Luan et al., 2020).

Dalam konteks Indonesia, meskipun adopsi ICT menunjukkan pertumbuhan yang signifikan, implementasinya masih cenderung terfokus pada jenjang Pendidikan Tinggi, sementara jenjang Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD) dan Sekolah Dasar masih relatif tertinggal. Keterbatasan infrastruktur, akses internet yang tidak merata, serta literasi digital pendidik yang belum optimal menjadi tantangan utama dalam integrasi teknologi secara menyeluruh. Selain itu, sebagian besar penelitian di Indonesia masih terbatas pada studi kasus tertentu atau hanya menyoroti satu jenis teknologi tanpa mengevaluasi dampaknya secara komprehensif terhadap ranah pembelajaran kognitif, afektif, dan psikomotorik. Padahal, literatur menunjukkan bahwa teknologi seperti AI, AR, dan VR memiliki potensi besar untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih holistik dan meningkatkan efektivitas pembelajaran (Hwang et al., 2020; Luan et al., 2020).

Meskipun penelitian mengenai ICT dalam pendidikan telah banyak dilakukan di berbagai negara berkembang, kajian sistematis yang secara komprehensif mengeksplorasi penerapan ICT di seluruh jenjang pendidikan formal di Indonesia masih terbatas. Sebagian besar studi hanya berfokus pada penerapan ICT di Pendidikan Tinggi atau pada teknologi tertentu tanpa mengkaji kontribusinya terhadap berbagai ranah pembelajaran secara terpadu. Selain itu, belum banyak penelitian yang secara sistematis mengevaluasi dampak ICT terhadap efektivitas pembelajaran pada berbagai bidang ilmu seperti STEM, humaniora, dan ilmu sosial. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menjawab dua pertanyaan utama, yaitu: (RQ1) Bagaimana penerapan ICT dalam mendukung pembelajaran di institusi pendidikan formal di Indonesia? dan (RQ2) Teknologi ICT apa saja yang paling banyak digunakan untuk mendukung proses pembelajaran di Indonesia, serta bagaimana dampaknya terhadap efektivitas pembelajaran? Penelitian ini menggunakan pendekatan Systematic

Literature Review (SLR) dengan panduan PRISMA untuk menyusun analisis sistematis terhadap tren implementasi ICT, teknologi yang dominan digunakan seperti LMS, AI, AR, dan VR, serta kontribusinya terhadap ranah pembelajaran kognitif, afektif, dan psikomotorik.

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi teoritis dan praktis. Secara teoritis, penelitian ini menyajikan sintesis komprehensif mengenai penerapan ICT di berbagai jenjang pendidikan formal di Indonesia. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan menjadi rujukan bagi akademisi, praktisi pendidikan, dan pemangku kebijakan dalam merumuskan kebijakan pendidikan berbasis teknologi yang lebih efektif, inklusif, dan berkelanjutan. Dengan memahami tren implementasi ICT, tantangan yang dihadapi, serta dampaknya terhadap efektivitas pembelajaran, penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam mendorong pemerataan akses teknologi, peningkatan kualitas pendidikan, dan percepatan transformasi digital di seluruh jenjang pendidikan formal di Indonesia.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR), SLR yang dilakukan mengacu pada pedoman Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA). PRISMA merupakan salah satu standar yang dapat diterima dalam melakukan tinjauan sistematis dan meta analisis (Samala et al., 2023), pendekatan ini terdiri atas 4 tahapan utama yaitu Identification, Screening, Eligibility dan Include (Kitchenham et al., 2009).

A. Tahap Identification

Proses identifikasi merupakan tahap awal dari pendekatan PRISMA, langkah ini bertujuan untuk mengumpulkan riset-riset terdahulu yang dianggap relevan dengan topik riset yang sedang dikerjakan, proses yang dilakukan pada tahap ini adalah mengembangkan strategi pencarian melalui penentuan basisdata dan kata kunci utama sesuai dengan database sasaran. Database yang digunakan untuk memperoleh literatur yang relevan dalam penelitian ini adalah database Scopus, selain karena reputasinya, database ini dipilih karena kekayaan informasi yang dimilikinya, sedangkan untuk kata kunci utama yang digunakan dalam pencarian literatur memanfaatkan pencarian advance dengan melibatkan sinonim dan operator Boolean seperti OR, AND, NOT. Adapun katakunci yang dimaksud yaitu: TITLE-ABS-KEY (("Information and Communication Technology" OR "ICT" OR "Learning Management System" OR "LMS" OR "video conference" OR "interactive multimedia" OR "augmented reality" OR "AR" OR "virtual reality" OR "VR" OR "e-book" OR "digital library" OR "gamification" OR "social media" OR "cloud-based learning" OR "coding and STEM" OR "digital assessment tools" OR "artificial intelligence" OR "AI" OR "chatbots" OR "digital classroom management" OR "online collaboration tools" OR "adaptive learning platform" OR "foreign language learning apps" OR "student progress tracking systems" OR "project-based learning" OR "robotic coding apps" OR "digital portfolio management" OR "science simulation" OR "virtual labs" OR "game-based learning" OR "3D visualization tools") AND ("education" OR "learning" OR "teaching" OR "instruction") AND ("Indonesia")) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2024 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE , "final")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")) AND (LIMIT-TO (SRCTYPE , "p") OR LIMIT-TO (SRCTYPE , "j")).

Kata kunci yang digunakan telah mencakup beberapa kriteria awal seperti Hasil penelitian yang dipublikasikan dalam 5 tahun terakhir direntang tahun 2019-2024 yang dipublikasikan pada jurnal dan Proceeding dengan type dokumen berupa Artikel dan Conference paper, kata kunci juga telah disusun agar menampilkan literatur dengan bahasa inggris yang berupa dokumen final, bukan artikel yang sedang direview atau dalam status inpress. Hasil pencarian dengan menggunakan katakunci tersebut diperoleh sebanyak 1,406 literatur yang kemudian akan dilanjutkan pada tahap Screening.

B. Tahap Screening

Tahap ini bertujuan untuk melakukan filter awal terhadap artikel yang telah diperoleh berdasarkan kata kunci yang digunakan, proses filter pada tahap ini berdasarkan kriteria yang disajikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 1. Kriteria awal seleksi literatur

No	Kriteria Seleksi	Jumlah
1	Artikel yang terindikasi Duplikat	2
2	Artikel yang menggunakan metode: Literatur review, Bibliometric analysis, meta-analysis, systematic review, longitudinal atau metode sejenis yang tidak melakukan intervensi dalam proses pembelajaran.	129
3	Artikel yang tidak memiliki struktur lengkap, seperti ketiadaan abstrak, DOI atau bagian penting lain dalam artikel.	21
4	Artikel yang terindikasi penelitiannya tidak dilaksanakan pada sekolah formal dan atau tidak dilakukan di Indonesia.	257
5	Penelitian yang sama sekali tidak berkaitan dengan Pendidikan maupun belajar dan pembelajaran.	221
6	Penelitian yang lebih berkaitan dengan pengelolaan institusi pendidikan, administratif dan manajerial institusi pendidikan atau pembelajaran, seperti Pengembangan kurikulum atau persiapan awal pengembangan perangkat pembelajaran, ketersediaan sarana dan prasarana, atau topik lain yang lebih condong pada peningkatan kompetensi pendidik.	369
7	Penelitian pendidikan dan Pembelajaran namun tidak memanfaatkan ICT dalam prosesnya, tapi lebih condong pada implementasi model pembelajaran seperti PjBl, PBL, Kolaboratif atau jenis lain seperti penelitian etnografi atau kualitatif dalam proses pembelajaran.	57
8	Penelitian yang lebih condong pada analisis terhadap dampak ICT terhadap perilaku dan kecenderungan sosial peserta didik.	20
9	Penelitian yang fokus pembahasannya lebih pada penilaian persepsi Guru atau siswa terhadap tentang pengalaman mereka dalam memanfaatkan ICT dalam pembelajaran namun tidak spesifik terdapat intervensi ICT dalam pelaksanaan penelitian pembelajaran yang dilakukan	147
10	Penelitian yang berkaitan dengan pemanfaatan / intervensi langsung ICT dalam pembelajaran dan dilaksanakan di sekolah Formal di Indonesia dan mengukur hasil belajar berdasarkan Taksonomi Bloom.	183

Hasil penyaringan awal terhadap literatur yang terkumpul dilakukan berdasarkan sepuluh indikator. Dari sepuluh indikator tersebut, sembilan indikator pertama mencakup total 1.223 literatur yang dianggap tidak relevan dengan topik riset yang sedang dilakukan sehingga tidak akan dianalisis lebih lanjut. Sementara itu, indikator kesepuluh melibatkan 183 literatur yang dinilai relevan karena penelitian tersebut berfokus pada intervensi langsung teknologi informasi dan komunikasi (ICT) dalam proses pembelajaran. Literatur yang relevan ini selanjutnya akan masuk ke tahap *eligibility* atau penilaian kelayakan.

C. Tahap Eligibility

Pemeriksaan lanjutan dilakukan terhadap 183 literatur yang diperoleh berdasarkan hasil screening akan ditinjau lebih lanjut untuk dinilai kesesuaiannya dalam menjawab pertanyaan penelitian, selain itu tahap ini juga digunakan untuk memahami tujuan, metode, hasil penelitian dan relevansinya dengan riset yang sedang dikerjakan. Penentuan kriteria inklusi dan eksklusi untuk tinjauan yang lebih mendalam akan dilakukan demi mendapatkan artikel yang memiliki tingkat relevansi yang tinggi dengan riset yang sedang dilakukan, literatur-literatur yang dianggap tidak ber-relevansi tinggi akan dieliminasi berdasarkan kriteria eksklusi. Berikut disajikan tabel yang berisi hasil pemeriksaan pada tahap Eligibility.

Tabel 2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

No	Kriteria	Kriteria	Jumlah
1	Artikel yang terindikasi Closed Access	Eksklusi	50

2	Penelitian dianggap tidak relevan karena intervensi ICT tidak secara spesifik bertujuan untuk mengukur hasil belajar dalam pembelajaran dalam kurikulum resmi institusi pendidikan di Indonesia	Eksklusi	30
3	Setelah dianalisis lebih lanjut bahwa Teknologi yang diadopsi dalam pembelajaran tidak berkaitan dengan ICT	Eksklusi	3
4	Penelitian yang berkaitan dengan pemanfaatan / intervensi langsung ICT dalam pembelajaran dan dilaksanakan di sekolah Formal di Indonesia dan mengukur hasil belajar berdasarkan Taksonomi Bloom.	Inklusi	100

Berdasarkan hasil pendalaman melalui analisis secara detail terhadap metodologi, pendekatan yang digunakan, latar belakang masalah, intervensi teknologi dalam pembelajaran, dan hasil penelitian terhadap 183 literatur diperoleh sebanyak 100 literatur yang menunjukkan tingkat relevansi yang tinggi dalam menjawab rumusan masalah yang sedang diteliti.

D. Tahap Include

Tahap Include dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis menggunakan pedoman PRISMA, yang menghasilkan 100 literatur terpilih dari total 1.406 literatur yang diidentifikasi pada tahap awal. Melalui proses screening, sebanyak 1.223 literatur dieliminasi karena tidak memenuhi kriteria seleksi awal. Selanjutnya, pada tahap Eligibility, dilakukan pemeriksaan lanjutan terhadap 183 literatur, yang menghasilkan 100 literatur inklusif setelah mengeliminasi 50 artikel closed access, 30 artikel yang tidak relevan, dan 3 artikel yang tidak melibatkan ICT secara spesifik. Hasil seleksi ini menunjukkan bahwa 7,17% dari total literatur awal memenuhi kriteria penelitian yang berfokus pada intervensi langsung ICT dalam pembelajaran, dilaksanakan di sekolah formal di Indonesia, dan mengukur hasil belajar berdasarkan Taksonomi Bloom. Proses ini memastikan bahwa hanya artikel dengan validitas metodologi yang kuat, relevansi tinggi, dan kontribusi signifikan terhadap pemahaman peran ICT dalam pendidikan yang disertakan. Statistik ini menegaskan bahwa dari total literatur yang diperoleh, 92,82% dinyatakan tidak relevan karena tidak memenuhi aspek fokus penelitian. Dengan demikian, 100 literatur terpilih menjadi basis yang kuat untuk menganalisis tren implementasi ICT, dampaknya terhadap efektivitas pembelajaran, serta keterlibatan siswa dalam ranah pembelajaran kognitif, afektif, dan psikomotorik, khususnya di konteks pendidikan formal di Indonesia.

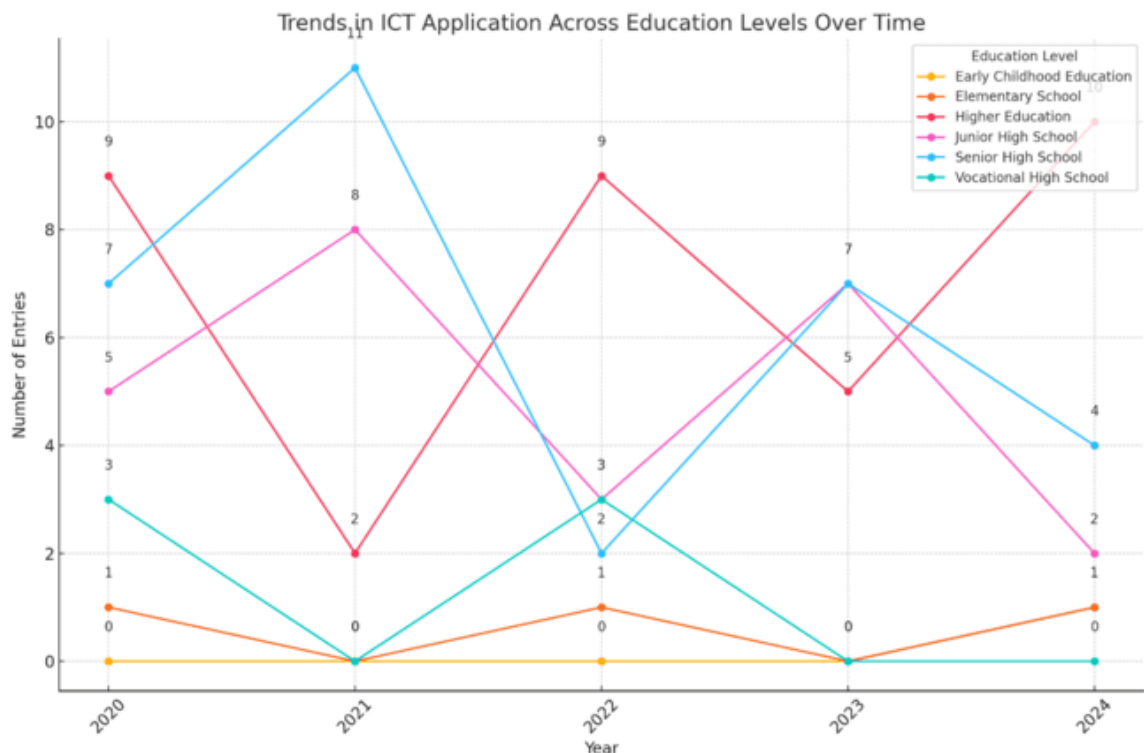
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Bagian ini menyajikan hasil analisis dari 100 artikel yang telah diseleksi melalui tahapan Systematic Literature Review (SLR) berdasarkan pedoman PRISMA. Proses seleksi dilakukan secara sistematis melalui tahap identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, hingga inklusi akhir artikel yang relevan dengan fokus penelitian. Hasil yang dipaparkan mencerminkan sintesis temuan empiris terkait tren implementasi Teknologi Informasi dan Komunikasi (ICT) dalam pendidikan formal di Indonesia, teknologi yang paling banyak digunakan, serta dampaknya terhadap efektivitas pembelajaran. Analisis dilakukan dengan mengelompokkan temuan berdasarkan jenjang pendidikan, jenis teknologi yang diimplementasikan, serta kontribusinya terhadap ranah pembelajaran kognitif, afektif, dan psikomotorik. Selain itu, hasil penelitian juga mengidentifikasi kecenderungan fokus penelitian, baik pada aspek efektivitas pembelajaran, peningkatan hasil belajar, pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi, maupun peningkatan keterlibatan dan motivasi peserta didik. Penyajian hasil ini bertujuan untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai pola implementasi ICT di Indonesia serta mengungkap kecenderungan dan kesenjangan penelitian yang masih perlu dikembangkan pada studi selanjutnya.

1. RQ1: Penerapan ICT dalam Pendidikan Formal di Indonesia

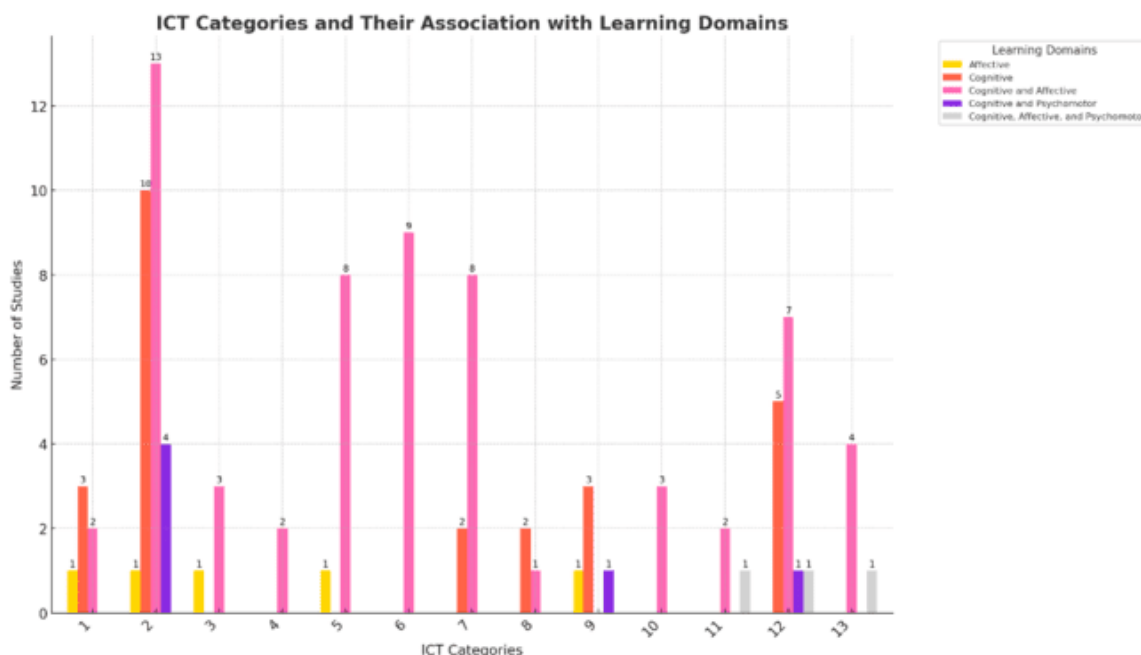
Penerapan ICT dalam proses pembelajaran yang dilakukan oleh Guru atau Dosen di institusi formal pada masing-masing jenjang pendidikan yang terdapat di Indonesia disajikan dalam grafik berikut ini:



Gambar 1. Tren implementasi ICT pada Pendidikan Formal di Indonesia

Grafik ini menggambarkan tren penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) pada pendidikan formal di Indonesia dari tahun 2020 hingga 2024. Data menunjukkan adanya fluktuasi signifikan dalam implementasi TIK di berbagai jenjang pendidikan. Penerapan TIK tertinggi tercatat pada Pendidikan Tinggi, dengan 9 studi pada tahun 2020 dan 11 studi pada tahun 2023. Sekolah Menengah Atas juga menunjukkan angka yang relatif tinggi, yakni 8 studi pada tahun 2020 dan 9 studi pada tahun 2023. Sebaliknya, Pendidikan Anak Usia Dini dan Sekolah Dasar menunjukkan angka implementasi yang sangat rendah, masing-masing dengan 0 studi pada tahun 2021 dan 2024, serta hanya 1 studi pada tahun 2022 untuk PAUD. Sementara itu, Sekolah Menengah Kejuruan menunjukkan fluktuasi yang lebih kecil dengan puncak 3 studi pada tahun 2023. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan TIK di tingkat pendidikan tinggi mengalami perkembangan yang lebih pesat dibandingkan dengan jenjang pendidikan dasar dan menengah, yang masih menunjukkan keterbatasan dalam integrasi TIK. Hal ini mengindikasikan perlunya upaya yang lebih intensif untuk mempercepat adopsi TIK di jenjang pendidikan yang lebih rendah, terutama pada pendidikan anak usia dini dan sekolah dasar, guna mendukung pemerataan akses terhadap teknologi di seluruh lapisan pendidikan di Indonesia.

Penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi (ICT) dalam dunia pendidikan tidak hanya berfokus pada integrasi teknologi semata, tetapi juga bertujuan untuk meningkatkan capaian hasil belajar siswa di berbagai jenjang pendidikan. Berbagai studi menunjukkan bahwa pemanfaatan ICT dapat mendukung proses pembelajaran yang lebih efektif, interaktif, dan sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Teknologi seperti Learning Management System (LMS), Artificial Intelligence (AI), Augmented Reality (AR), dan Serious Games berperan dalam memperkuat pemahaman konseptual, meningkatkan motivasi belajar, serta mendorong keterlibatan aktif siswa (Purwaningtyas et al., 2022), (Rukayah et al., 2022), (Rohendi & Wihardi, 2020) Namun, efektivitas ICT terhadap capaian hasil belajar sering kali dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kesiapan infrastruktur, kompetensi pendidik, dan karakteristik peserta didik. Grafik berikut akan menyajikan hubungan antara penerapan ICT dengan capaian hasil belajar, yang memberikan gambaran bagaimana teknologi berkontribusi terhadap peningkatan kualitas pembelajaran di berbagai jenjang pendidikan.

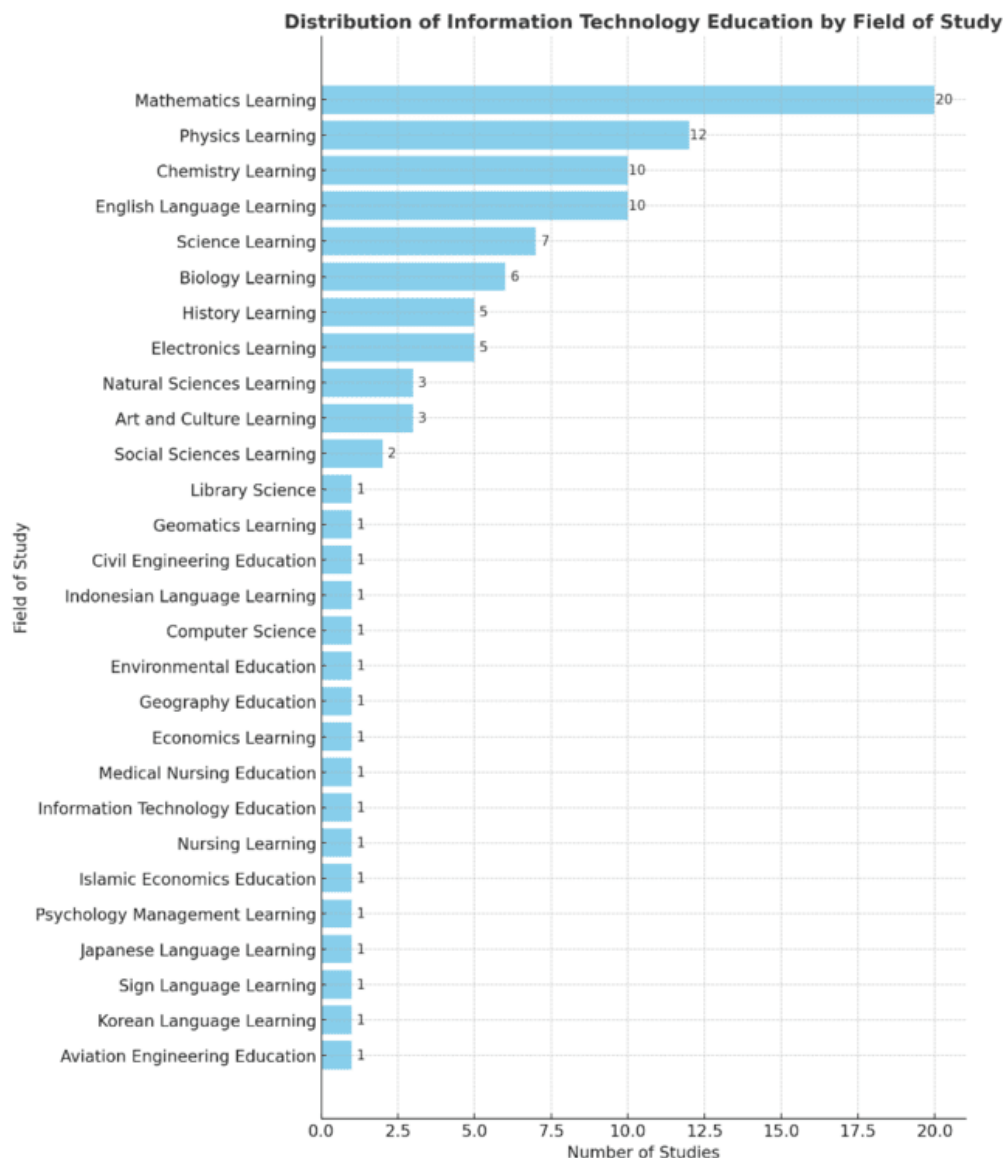


Gambar 2. Kontribusi ICT terhadap Domain pembelajaran

Grafik ini menggambarkan keterkaitan antara Kategori ICT dan Ranah Pembelajaran. Hasil mencakup lima kategori ranah pembelajaran: Cognitive, Affective, Cognitive and Affective, Cognitive and Psychomotor, serta Cognitive, Affective and Psychomotor. Dari analisis terhadap data 100 penelitian, ditemukan bahwa ICT Category 2 memiliki kontribusi tertinggi dengan total 27 penelitian (26,7%), didominasi oleh ranah Cognitive sebanyak 13 penelitian (48,1%), diikuti oleh Cognitive and Affective dengan 10 penelitian (37%), serta kontribusi yang lebih kecil dari ranah Cognitive and Psychomotor dan Affective. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi pada kategori ini berfokus pada penguatan pemahaman konsep (Cognitive) serta pengembangan motivasi dan nilai belajar siswa (Affective). Selanjutnya, ICT Categories 5, 6, dan 7 menampilkan tren serupa dengan dominasi ranah Cognitive and Affective, masing-masing memiliki kontribusi 8-10 penelitian (sekitar 8-9%). Hal ini menekankan pentingnya integrasi teknologi ICT dalam mendukung pemahaman konseptual yang dipadukan dengan penguatan motivasi belajar siswa. Di sisi lain, ICT Category 12 menunjukkan variasi ranah pembelajaran yang lebih kompleks dengan keterlibatan Cognitive, Affective and Psychomotor, meskipun total kontribusinya hanya mencapai 15 penelitian (14,8%). Hal ini menandakan adanya penelitian yang lebih holistik, meskipun masih dalam jumlah terbatas. Ranah Cognitive, Affective and Psychomotor, yang paling komprehensif, muncul secara sporadis hanya di ICT Categories 12 dan 13 dengan masing-masing 1 penelitian. Sementara itu, ICT Category 1 dan Category 9 memiliki jumlah kontribusi lebih rendah, berkisar antara 5-6 penelitian, dengan dominasi ranah Cognitive dan Affective, yang mengindikasikan fokus yang lebih sempit pada pemahaman konsep serta penguatan sikap belajar.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa ranah Cognitive dan Cognitive and Affective mendominasi penggunaan teknologi ICT dalam pendidikan, sementara ranah Cognitive, Affective and Psychomotor masih jarang dijadikan fokus penelitian. Hal ini membuka peluang eksplorasi lebih lanjut untuk merancang pendekatan pembelajaran yang lebih komprehensif dan holistik, yang mengintegrasikan ketiga ranah tersebut menggunakan teknologi Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), dan Artificial Intelligence (AI). Penelitian lanjutan yang berfokus pada integrasi ranah kognitif, afektif, dan psikomotorik

sangat penting untuk menciptakan ekosistem pembelajaran yang efektif dan berkelanjutan di era digital.



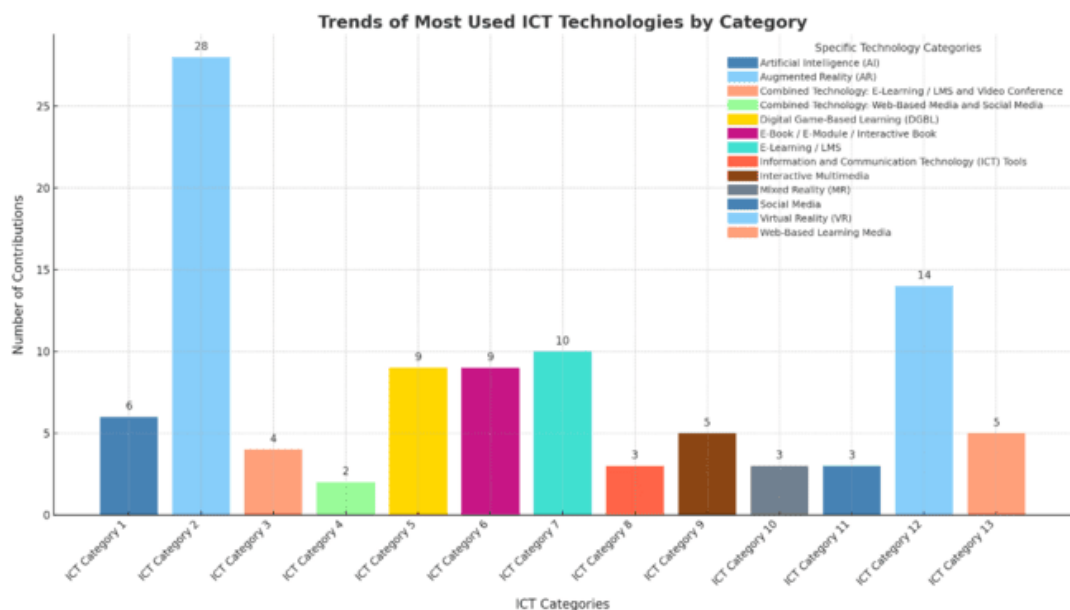
Gambar 3. Grafik peran ICT terhadap bidang ilmu

Grafik diatas menjelaskan bahwa, bidang Mathematics Learning menempati posisi tertinggi dalam penerapan ICT dengan jumlah 17 penelitian (16,8%), menegaskan bahwa teknologi informasi dan komunikasi memainkan peran krusial dalam mendukung penguatan konsep matematis, pemecahan masalah, serta pengembangan keterampilan berpikir logis dan analitis pada pembelajaran matematika. Penerapan ICT di bidang ini berfokus pada pemanfaatan teknologi simulasi, visualisasi konsep abstrak, serta pembelajaran interaktif berbasis perangkat digital untuk meningkatkan pemahaman siswa. Diikuti oleh Physics Learning dengan 11 penelitian (10,9%) dan Chemistry Learning dengan 8 penelitian (7,9%), tren ini menunjukkan dominasi bidang STEM-based learning dalam penggunaan teknologi, khususnya untuk mendukung eksperimen ilmiah, simulasi laboratorium, dan penguatan keterampilan analitis melalui media digital. Sementara itu, bidang seperti Information Technology Education dan Computer Science justru menunjukkan representasi rendah dengan hanya 2 penelitian masing-masing, yang mengindikasikan adanya paradoks dalam pemanfaatan ICT pada disiplin ilmu yang berkaitan langsung dengan teknologi itu sendiri. Bidang ilmu seperti English Language Education dan Biology Learning juga memperoleh

porsi sedang dengan masing-masing 6 penelitian, menyoroti peran teknologi dalam mendukung literasi linguistik dan pemahaman konsep biologis melalui media interaktif seperti chatbots, visualisasi grafis, dan AI-based tools. Sebaliknya, disiplin ilmu seperti Art and Culture Learning dan Social Sciences Learning hanya menyumbang 3 hingga 2 penelitian, yang menandakan peluang eksplorasi lebih lanjut untuk meningkatkan penerapan teknologi kreatif, seperti AR/VR, dalam mendukung pembelajaran berbasis proyek dan peningkatan kreativitas. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan dominasi penerapan ICT pada bidang STEM, terutama matematika dan sains, serta mengungkap adanya kesenjangan penelitian pada bidang teknologi dan ilmu sosial, sehingga diperlukan inovasi lebih lanjut dalam pemanfaatan teknologi seperti Artificial Intelligence (AI), Augmented Reality (AR), dan Virtual Reality (VR) untuk menciptakan ekosistem pembelajaran yang inklusif dan merata di seluruh disiplin ilmu.

2. RQ2: Teknologi yang Paling Banyak Digunakan dan Dampaknya:

Teknologi informasi dan komunikasi (ICT) memainkan peran penting dalam mendukung efektivitas proses pembelajaran di era digital saat ini. Beragam teknologi telah diadopsi dalam pendidikan untuk meningkatkan keterlibatan siswa, memperdalam pemahaman konseptual, serta mengembangkan keterampilan praktis. Untuk menjawab Research Question (RQ2): Teknologi yang Paling Banyak Digunakan dan Dampaknya, penelitian ini mengeksplorasi kategori teknologi spesifik yang paling banyak digunakan dalam studi pembelajaran dan kontribusinya terhadap ranah belajar. Analisis ini memberikan gambaran tentang tren pemanfaatan ICT berdasarkan kelompok teknologi serta dampak yang dihasilkan, baik pada ranah kognitif, afektif, maupun psikomotorik. Grafik berikut menyajikan distribusi penggunaan ICT, di mana label sumbu Y merepresentasikan jumlah kontribusi teknologi berdasarkan kelompok, sementara label bidang dalam grafik mengacu pada kategori teknologi spesifik yang digunakan dalam pembelajaran.



Gambar 4. Tren Teknologi yang digunakan dalam pembelajaran

Grafik ini memperlihatkan tren teknologi ICT yang paling banyak digunakan dalam penelitian pendidikan berdasarkan kelompok ICT dan kategori teknologi spesifik. Hasil analisis menunjukkan bahwa ICT Category 2 memiliki jumlah kontribusi tertinggi dengan 28 penelitian (27,7%), yang utamanya berkaitan dengan penggunaan teknologi Augmented Reality (AR). Dominasi ini menunjukkan peningkatan penggunaan AR sebagai alat yang efektif untuk mendukung pembelajaran interaktif dan berbasis visual di berbagai bidang pendidikan. Selanjutnya, ICT Category 12 menempati posisi kedua dengan 14 penelitian

(13,9%), berfokus pada Virtual Reality (VR), menekankan potensinya dalam memberikan pengalaman belajar imersif yang inovatif. Sementara itu, ICT Category 7 mencatat 10 penelitian (9,9%), didominasi oleh penerapan E-Learning / LMS, yang menunjukkan keberlanjutan tren dalam penggunaan Learning Management Systems sebagai platform utama dalam mendukung pendidikan daring.

Kategori lainnya seperti ICT Category 5 dan ICT Category 6 masing-masing mencatat 9 penelitian (8,9%), yang melibatkan teknologi Digital Game-Based Learning (DGBL) dan Interactive Multimedia, menekankan peran penting teknologi dalam meningkatkan keterlibatan siswa dan efektivitas pembelajaran berbasis media interaktif. ICT Category 1 memiliki 6 kontribusi (5,9%), berkaitan dengan Artificial Intelligence (AI), yang mulai menunjukkan perannya dalam personalisasi pembelajaran dan peningkatan kualitas interaksi edukasi. Di sisi lain, kontribusi kategori ICT 3, 8, 9, 10, 11, dan 13 berkisar antara 2 hingga 5 penelitian, menunjukkan adopsi teknologi yang masih terbatas, seperti social media, Mixed Reality (MR), dan Web-Based Learning Media. Secara keseluruhan, hasil ini mengungkap tren penggunaan teknologi Augmented Reality dan Virtual Reality yang mendominasi penelitian ICT, diikuti oleh E-Learning / LMS dan teknologi berbasis permainan edukatif. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya penelitian lanjutan untuk memperluas adopsi teknologi yang kurang dimanfaatkan, seperti AI, MR, dan teknologi berbasis web, guna mengoptimalkan potensi ICT dalam meningkatkan efektivitas dan keterlibatan pembelajaran di berbagai konteks pendidikan.

Analisis lain dilakukan untuk mengetahui dampak ICT terhadap keterlibatan siswa dan efektivitasnya terhadap pembelajaran, hasil kajian menunjukkan dua fokus utama, yaitu keterlibatan siswa dan efektivitas pembelajaran:

a) Dampak Terhadap Keterlibatan Siswa:

Sebanyak 32 penelitian (31,7%) menyoroti peningkatan keterlibatan siswa sebagai hasil dari intervensi teknologi ICT. Dampak ini mencakup berbagai indikator keterlibatan seperti:

- Peningkatan partisipasi aktif dalam kegiatan pembelajaran kolaboratif berbasis teknologi.
- Motivasi belajar siswa meningkat melalui penggunaan platform yang interaktif, seperti Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), dan Digital Game-Based Learning (DGBL).
- Interaksi siswa menjadi lebih dinamis, baik antara siswa maupun dengan pengajar, ketika menggunakan teknologi seperti Learning Management Systems (LMS) dan alat komunikasi berbasis video conference.
- Beberapa studi juga menunjukkan bahwa gamifikasi dan media interaktif dapat meningkatkan keterlibatan emosional siswa dengan konten pembelajaran, yang mendorong peningkatan atensi dan keterlibatan berkelanjutan.

b) Dampak Terhadap Efektivitas Pembelajaran:

Sebanyak 62 penelitian (61,4%) fokus pada peningkatan efektivitas pembelajaran, yang tercermin dalam beberapa aspek berikut:

- Peningkatan pemahaman konsep dan keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) melalui implementasi teknologi seperti E-Learning, Interactive Multimedia, dan Web-Based Learning Media.
- Peningkatan hasil belajar siswa, di mana studi melaporkan adanya peningkatan signifikan dalam skor evaluasi pasca-pembelajaran yang diintervensi dengan teknologi ICT.
- Efisiensi waktu belajar dicapai melalui fleksibilitas akses dan konten pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan siswa, khususnya menggunakan teknologi AI (Artificial Intelligence) dan LMS.
- Penguatan pemecahan masalah dan penerapan keterampilan praktis melalui teknologi VR dan Augmented Reality dalam lingkungan simulasi.

Temuan utama dari analisis terhadap 100 penelitian menunjukkan bahwa mayoritas studi, yaitu 61,4%, berfokus pada efektivitas pembelajaran melalui penerapan teknologi ICT.

Fokus ini terlihat pada peningkatan hasil belajar dan pemahaman konseptual siswa melalui berbagai pendekatan teknologi seperti Artificial Intelligence (AI) dan Learning Management Systems (LMS), yang berperan dalam menyediakan konten yang adaptif, fleksibel, dan sesuai dengan kebutuhan individu. Teknologi ini tidak hanya membantu siswa memahami materi dengan lebih baik tetapi juga meningkatkan efisiensi waktu belajar dan performa akademik secara keseluruhan. Selain itu, pemanfaatan E-Learning, Interactive Multimedia, dan Web-Based Learning Media telah terbukti mendukung penguasaan keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) serta meningkatkan kualitas evaluasi hasil belajar, menciptakan ekosistem pembelajaran yang lebih terstruktur dan berbasis data.

Di sisi lain, meskipun hanya 31,7% studi yang berfokus pada keterlibatan siswa, angka ini menunjukkan adanya ruang eksplorasi yang lebih luas dalam memaksimalkan motivasi, interaksi, dan partisipasi siswa melalui teknologi ICT. Teknologi interaktif seperti Augmented Reality (AR), Digital Game-Based Learning (DGBL), dan Virtual Reality (VR) terbukti memiliki potensi signifikan dalam meningkatkan keterlibatan siswa secara emosional dan kognitif, terutama dalam menciptakan pengalaman belajar yang menarik, kontekstual, dan mendalam. Sementara teknologi AI dan LMS berperan dominan dalam efektivitas pembelajaran, integrasi teknologi interaktif ini dapat mendorong siswa untuk lebih aktif dalam proses pembelajaran. Oleh karena itu, pendekatan yang seimbang antara keterlibatan siswa dan efektivitas pembelajaran melalui kombinasi teknologi kolaboratif dan adaptif sangat direkomendasikan. Penelitian lanjutan yang mengeksplorasi integrasi AI, AR, dan VR dalam konteks pembelajaran holistik akan berkontribusi pada pengembangan ekosistem pendidikan yang inovatif, efektif, dan berkelanjutan di era digital.

B. Pembahasan

Hasil penelitian ini mengungkap bahwa penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dalam pendidikan formal di Indonesia menunjukkan adanya kesenjangan signifikan antar jenjang pendidikan. Pendidikan Tinggi tercatat memiliki implementasi TIK tertinggi dengan puncaknya mencapai 11 studi (Nazar et al., 2024), (Purwaningtyas et al., 2022), (Soraya, 2022), (Sudirman et al., 2020), (Wahyu et al., 2020), (Triyanto et al., 2024), (Kurniawan et al., 2023), (Izza et al., 2022), (Kustandi et al., 2020), diikuti oleh Sekolah Menengah Atas dengan 9 studi (Tamam & Corebima, 2023), (Yamtinah et al., 2023), (Yaniawati et al., 2023), (Soesanto et al., 2022), (Wibowo et al., 2021), (Guntur & Setyaningrum, 2021), (Suprpto et al., 2021), (Nurrohman et al., 2020), (Suprpto et al., 2020), (Wijaya et al., 2021), (Setyowati et al., 2023), (Ikhsan et al., 2020), (Astuti et al., 2020). Pencapaian ini mencerminkan kesiapan infrastruktur teknologi, kompetensi digital pendidik, serta dukungan kebijakan yang lebih matang pada jenjang pendidikan tinggi. Sebaliknya, tingkat implementasi TIK di Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD) dan Sekolah Dasar masih sangat rendah, dengan hanya 1 studi pada tahun 2022 dan 0 studi pada tahun 2021 dan 2024 untuk PAUD. Temuan ini mengindikasikan bahwa aksesibilitas teknologi, keterbatasan infrastruktur, serta rendahnya literasi digital di kalangan guru dan siswa menjadi hambatan utama. Oleh karena itu (Kurniawati et al., 2020), upaya yang lebih intensif dan berbasis kebijakan perlu difokuskan untuk mempercepat adopsi TIK pada jenjang pendidikan yang lebih rendah. Langkah ini mencakup penyediaan perangkat teknologi yang merata, pelatihan berkelanjutan bagi guru untuk integrasi teknologi dalam kurikulum, serta peningkatan kolaborasi antara sektor publik dan swasta guna mendukung pemerataan akses teknologi.

Dalam konteks dampak penerapan TIK terhadap ranah pembelajaran, penelitian ini menunjukkan dominasi pada ranah Cognitive dan Cognitive and Affective. Dari ICT Category 2, yang memiliki kontribusi tertinggi dengan 27 penelitian (26,7%), sebanyak 13 penelitian (48,1%) berfokus pada penguatan pemahaman konseptual siswa, sementara 10 penelitian (37%) menekankan peningkatan motivasi belajar melalui intervensi teknologi. Teknologi seperti Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR) memainkan peran penting dalam memfasilitasi pembelajaran berbasis visual dan simulatif, memungkinkan siswa memahami konsep abstrak melalui representasi yang lebih nyata dan interaktif (Hamzah et al., 2021), (Rahmat et al., 2023), (Yaniawati et al., 2023), (Tamam & Corebima, 2023), (Richardo et al., 2023). Selanjutnya, ICT Categories 5, 6, dan 7 menunjukkan tren serupa dengan kontribusi 8-10

penelitian yang dominan di ranah Cognitive and Affective, menekankan pentingnya kombinasi pemahaman konseptual dan keterlibatan emosional dalam proses belajar. Namun, ranah Cognitive, Affective and Psychomotor, yang bersifat lebih komprehensif, masih jarang diteliti dengan hanya 1-2 penelitian pada ICT Category 12 dan 13. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi ketiga ranah pembelajaran masih belum menjadi fokus utama dalam implementasi teknologi TIK, padahal pendekatan ini berpotensi menciptakan ekosistem pembelajaran yang holistik dan berbasis keterampilan praktis.

Temuan selanjutnya berkaitan dengan penerapan TIK pada bidang ilmu, di mana Mathematics Learning mendominasi dengan 17 penelitian (16,8%). Hal ini menegaskan peran krusial TIK dalam mendukung penguatan konsep matematis, pemecahan masalah, serta pengembangan keterampilan berpikir logis dan analitis (Pujiastuti et al., 2024), (Richardo et al., 2023), (Yaniawati et al., 2023), (Soesanto et al., 2022), (Rukayah et al., 2022), (Sudirman et al., 2022), (Lainufar et al., 2021), (Mailizar & Johar, 2021), (Guntur & Setyaningrum, 2021), (Cahyono et al., 2020), (Sudirman et al., 2020), (Amir et al., 2020), (Pangestu & Setyaningrum, 2020), (Rohendi & Wihardi, 2020). Teknologi seperti simulasi digital, visualisasi konsep abstrak, dan perangkat interaktif berbasis teknologi menjadi faktor utama yang berkontribusi terhadap efektivitas pembelajaran matematika. Diikuti oleh Physics Learning dengan 11 penelitian (10,9%) (Rahmayani et al., 2024), (Rahmat et al., 2023), (Soraya, 2022), (Wibowo et al., 2021), (Suprpto et al., 2021), (Suprpto et al., 2020), (Kurniawan et al., 2023) dan Chemistry Learning dengan 8 penelitian (7,9%) (Nazar et al., 2024), (Yamtinah et al., 2023), (Nurrohmah et al., 2020), (Ikhsan et al., 2020), (Astuti et al., 2020), tren ini menunjukkan dominasi penerapan TIK pada bidang STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). Teknologi seperti laboratorium virtual dan media eksperimen berbasis simulasi berperan signifikan dalam mendukung eksplorasi ilmiah dan keterampilan analitis siswa. Namun, bidang ilmu seperti Information Technology Education dan Computer Science justru memiliki representasi yang sangat rendah dengan hanya 2 penelitian masing-masing (Kustandi et al., 2020). Kesenjangan ini menimbulkan paradoks, mengingat bidang tersebut seharusnya menjadi pemimpin dalam inovasi dan adopsi teknologi di lingkungan pendidikan.

Selain itu, bidang seperti Art and Culture Learning dan Social Sciences Learning juga hanya mencatat 2-3 penelitian (Safitri et al., 2023), (Sujarwo et al., 2023), menandakan peluang eksplorasi lebih lanjut dalam pemanfaatan teknologi kreatif seperti Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR) untuk mendukung pembelajaran berbasis proyek serta peningkatan kreativitas siswa. Teknologi ini berpotensi menciptakan pengalaman belajar yang lebih imersif, kontekstual, dan berpusat pada siswa. Adopsi teknologi pada bidang ilmu non-STEM memerlukan pendekatan yang lebih inovatif dengan mempertimbangkan karakteristik pembelajaran dan kebutuhan siswa di bidang tersebut.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menyoroti dominasi TIK pada ranah Cognitive dan bidang STEM, yang menunjukkan efektivitas teknologi dalam meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Namun, keterlibatan siswa melalui teknologi interaktif seperti Digital Game-Based Learning (DGBL) dan Mixed Reality (MR) masih perlu dioptimalkan untuk mendukung motivasi, interaksi, dan partisipasi aktif siswa. Rekomendasi utama dari penelitian ini adalah perlunya pendekatan yang seimbang dan terintegrasi antara teknologi berbasis AI, AR, dan VR untuk menciptakan ekosistem pembelajaran yang holistik, inklusif, dan berkelanjutan di semua jenjang pendidikan dan bidang ilmu. Penelitian lanjutan yang mengeksplorasi penerapan teknologi ini di ranah Cognitive, Affective, and Psychomotor akan membuka peluang signifikan untuk meningkatkan kualitas pendidikan di era digital.

IV. SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) di pendidikan formal Indonesia masih menunjukkan kesenjangan signifikan, dengan dominasi implementasi di Pendidikan Tinggi dan rendahnya adopsi pada PAUD dan Sekolah Dasar akibat keterbatasan infrastruktur dan literasi digital. Dalam ranah pembelajaran, Cognitive and Affective mendominasi penggunaan teknologi seperti Augmented Reality (AR), Virtual Reality

(VR), dan Learning Management Systems (LMS), sementara ranah Cognitive, Affective, and Psychomotor masih jarang diteliti. Selain itu, penerapan TIK lebih banyak difokuskan pada Mathematics Learning dan bidang STEM lainnya, dengan rendahnya representasi pada bidang IT Education dan ilmu sosial. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang seimbang dan holistik dalam integrasi teknologi seperti AI, AR, dan VR untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran dan keterlibatan siswa, serta pemerataan implementasi TIK di seluruh jenjang pendidikan dan bidang ilmu.

DAFTAR RUJUKAN

- Amir, M. F., Fediyanto, N., Rudyanto, H. E., Nur Afifah, D. S., & Tortop, H. S. (2020). Elementary students' perceptions of 3Dmetric: A cross-sectional study. *Heliyon*, 6(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04052>
- Astuti, T. N., Sugiyarto, K. H., & Ikhsan, J. (2020). Effect of 3D visualization on students' critical thinking skills and scientific attitude in chemistry. *International Journal of Instruction*, 13(1), 151–164. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13110a>
- Cahyono, A. N., Sukestiyarno, Y. L., Asikin, M., Miftahudin, Ahsan, M. G. K., & Ludwig, M. (2020). Learning mathematical modelling with augmented reality mobile math trails program: How can it work? *Journal on Mathematics Education*, 11(2), 181–192. <https://doi.org/10.22342/jme.11.2.10729>.
- Guntur, M. I. S., & Setyaningrum, W. (2021). The Effectiveness of Augmented Reality in Learning Vector to Improve Students' Spatial and Problem-Solving Skills. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(5), 159–173. <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i05.19037>
- Hamzah, M. L., Ambiyar, Rizal, F., Simatupang, W., Irfan, D., & Refdinal. (2021). Development of Augmented Reality Application for Learning Computer Network Device. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(12), 47–64. <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i12.21993>
- Hwang, G. J., Xie, H., Wah, B. W., & Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of Artificial Intelligence in Education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001>
- Ikhsan, J., Sugiyarto, K. H., & Astuti, T. N. (2020). Fostering student's critical thinking through a virtual reality laboratory. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 14(8), 183–195. <https://doi.org/10.3991/IJIM.V14I08.13069>
- Izza, S., Rahman, L. O. A., Firman, A., Rahman, F. F., Gayatri, D., Yetti, K., Boro, M. F. V., & Tabara, S. A. (2022). Nursing Student Reactions in Conducting Nursing Practicum Learning Using Virtual Reality Simulation. *Universal Journal of Public Health*, 10(6), 563–568. <https://doi.org/10.13189/ujph.2022.100602>
- Kawas, S. (2010). ICT in education: Culture, practice and involvement. *ICT Acceptance, Investment and Organization: Cultural Practices and Values in the Arab World*, 67–77. <https://doi.org/10.4018/978-1-60960-048-8.ch005>
- Kitchenham, B., Pearl Brereton, O., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering - A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>
- Kurniawan, B., Shrestha, R. P., Lazim, M. J. B. H. M., Hamid, A. B. A., Hariyono, Sulistyo, W. D., Utami, N. W., & Wahyuni, F. (2023). Si-VirPraJa: Using an Immersive Technology to Learn Prehistoric Sites in Indonesia. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 17(23), 140–152. <https://doi.org/10.3991/IJIM.V17I23.45941>
- Kurniawati, A., Abdullah, F. F., Agustiono, W., Warninda, S. S., & Kusumaningsih, A. (2020).

- Introduction Virtual Reality for Learning Media in Schools in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/2/022065>
- Kustandi, C., Fadhillah, D. N., Situmorang, R., Prawiradilaga, D. S., & Hartati, S. (2020). VR use in online learning for higher education in Indonesia. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 14(1), 31–47. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i01.11337>
- Lainufar, Mailizar, M., & Johar, R. (2021). Exploring the potential use of GeoGebra augmented reality in a project-based learning environment: The case of geometry. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012045>
- Limna, P., Jakwatanatham, S., Siripipattanakul, S., Kaewpuang, P., & Sriboonruang, P. (2022). A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education during the Digital Era. *Advance Knowledge for Executives*, 1(1), 1–9. <https://ssrn.com/abstract=4160798>
- Luan, H., Geczy, P., Lai, H., Gobert, J., Yang, S. J. H., Ogata, H., Baltes, J., Guerra, R., Li, P., & Tsai, C. C. (2020). Challenges and Future Directions of Big Data and Artificial Intelligence in Education. *Frontiers in Psychology*, 11(October), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.580820>
- Mailizar, & Johar, R. (2021). Examining students' intention to use augmented reality in a project-based geometry learning environment. *International Journal of Instruction*, 14(2), 773–790. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14243a>
- Nazar, M., Zulfadli, Rahmatillah, Puspita, K., Setiawaty, S., & Sulastrri. (2024). Development of augmented reality as a learning tool to improve student ability in comprehending chemical properties of the elements. *Chemistry Teacher International*, 6(3), 241–257. <https://doi.org/10.1515/cti-2023-0070>
- Nurrohmah, S., Supriatna, A., Fatimah, S. S., & Setiaji, B. (2020). The application of scaffolding augmented reality (AR) media in the sharing task learning of electrolyte and non-electrolyte solutions. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042064>
- Pangestu, A., & Setyaningrum, W. (2020). Instructional media for space geometry based on augmented reality to improve students' spatial reasoning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1581(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1581/1/012058>
- Pujiastuti, H., Hidayat, S., Hendrayana, A., & Haryadi, R. (2024). Creation of Mathematics Learning Media Based on Augmented Reality to Enhance Geometry Teaching and Learning. *E3S Web of Conferences*, 482, 1–10. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448205012>
- Purwaningtyas, D. A., Prabowo, H., Napitupulu, T. A., & Purwandari, B. (2022). the Integration of Augmented Reality and Virtual Laboratory Based on the 5E Model and Vark Assessment: a Conceptual Framework. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(3), 449–460. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i3.36367>
- Rahmat, A. D., Kuswanto, H., Wilujeng, I., & Perdana, R. (2023). Implementation of mobile augmented reality on physics learning in junior high school students. *Journal of Education and E-Learning Research*, 10(2), 132–140. <https://doi.org/10.20448/jeelr.v10i2.4474>
- Rahmayani, F., Kuswanto, H., & Rahmat, A. D. (2024). Development of E-Book Integrated Augmented Reality Based on STEM Approaches to Improve Critical Thinking and Multiple Representation Skills in Learning Physics. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(4), 632–641. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2024.14.4.2087>
- Richardo, R., Wijaya, A., Rochmadi, T., Abdullah, A. A., Nurkhamid, Astuti, A. W., & Hidayah, K. N. (2023). Ethnomathematics Augmented Reality: Android-Based Learning Multimedia to

- Improve Creative Thinking Skills on Geometry. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(4), 731–737. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.4.1860>
- Rohendi, D., & Wihardi, Y. (2020). Learning three-dimensional shapes in geometry using mobile-based augmented reality. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 14(9), 48–60. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i09.13035>
- Rukayah, Daryanto, J., Atmojo, I. R. W., Ardiansyah, R., Saputri, D. Y., & Salimi, M. (2022). Augmented Reality Media Development in STEAM Learning in Elementary Schools. *Ingenierie Des Systemes d'Information*, 27(3), 463–471. <https://doi.org/10.18280/isi.270313>
- Safitri, D., Sujarwo, Marini, A., Fitrisia, A., Sudarmiani, Widodo, S., & Meyers, K. F. (2023). Model of Virtual Reality in Social Studies to Improve Student Learning Outcomes. *Eurasian Journal of Educational Research*, 2023(105), 103–118. <https://doi.org/10.14689/ejer.2023.105.007>
- Samala, A. D., Usmeldi, Taali, Ambiyar, Bojic, L., Indarta, Y., Tsoy, D., Denden, M., Tas, N., & Dewi, I. P. (2023). Metaverse Technologies in Education: A Systematic Literature Review Using PRISMA. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 18(5), 231–252. <https://doi.org/10.3991/IJET.V18I05.35501>
- Santosa, E. B., Degeng, I. N. S., Sulton, & Kuswandi, D. (2020). The effects of mobile computer-supported collaborative learning to improve problem solving and achievements. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(1), 325–342. <https://doi.org/10.17478/jegys.656642>
- Setyowati, R. R., Rochmat, S., Aman, & Nugroho, A. N. P. (2023). Virtual Reality on Contextual Learning during Covid-19 to Improve Students' Learning Outcomes and Participation. *International Journal of Instruction*, 16(1), 173–190. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16110a>
- Soesanto, R. H., Dirgantoro, K. P. S., & Priyanti, N. (2022). Indonesian students' perceptions towards AI-based learning in mathematics. *Journal on Mathematics Education*, 13(3), 531–548. <https://doi.org/10.22342/jme.v13i3.pp531-548>
- Soraya, S. (2022). Implementation of Augmented Reality (AR) using Assembler in High School Applied Physics Education with the ADDIE Model Approach. *Journal of Physics: Conference Series*, 2377(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2377/1/012072>
- Sudirman, Kusumah, Y. S., & Martadiputra, B. A. P. (2022). Investigating the Potential of Integrating Augmented Reality into the 6E Instructional 3D Geometry Model in Fostering Students' 3D Geometric Thinking Processes. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(6), 61–80. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i06.27819>
- Sudirman, S., Yaniawati, R. P., Melawaty, M., & Indrawan, R. (2020). Integrating ethnomathematics into augmented reality technology: Exploration, design, and implementation in geometry learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/3/032006>
- Sujarwo, Japar, M., Sumantri, M. S., Safitri, D., & Marini, A. (2023). Enhancement of Students' Learning Outcomes through Virtual Reality based on Case-Based Learning in Social Studies. *Eurasian Journal of Educational Research*, 2023(106), 171–191. <https://doi.org/10.14689/ejer.2023.106.011>
- Suprpto, N., Ibisono, H. S., & Mubarok, H. (2021). Journal of Technology and Science Education THE USE OF PHYSICS POCKETBOOK BASED ON AUGMENTED REALITY ON PLANETARY MOTION TO IMPROVE STUDENTS '. *Journal of Technology and Science Education*, 11(2), 526–540.
- Suprpto, N., Nandyansah, W., & Mubarok, H. (2020). An evaluation of the "PicsAR" research project:

- An augmented reality in physics learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(10), 113–125. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i10.12703>
- Tamam, B., & Corebima, A. D. (2023). Implementing augmented reality to improve students' biology learning outcomes: Gender-based effect. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 12(4), 2157–2164. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i4.25645>
- Triyanto, E., Kusumawardani, L. H., Jauhar, M., Rasdiyanah, Rohana, I. G. A. P. D., & Rachmawati, U. (2024). Effect of Virtual Reality in 360 Degrees Video To Improve Standard Precautions Compliance Amongst Nursing Students. *Jurnal Keperawatan Soedirman*, 19(2), 108–115. <https://doi.org/10.20884/1.jks.2024.19.2.9843>
- Wahyu, Y., Suastra, I. W., Sadia, I. W., & Suarni, N. K. (2020). The effectiveness of mobile augmented reality assisted STEM-based learning on scientific literacy and students' achievement. *International Journal of Instruction*, 13(3), 343–356. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13324a>
- Wibowo, F. C., Nasbey, H., Sanjaya, L. A., Darman, D. R., Ahmad, N. J., & Ismail, H. N. (2021). The technology of interactive book augmented reality (IBAR) for facilitating student 21-century skills. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 99(22), 5276–5286.
- Wijaya, T. T., Zhou, Y., Purnama, A., Yunita, W., Mukhlis, & Salamah, U. (2021). Implementation of ICT using Hawgent dynamic mathematics software to teach probability. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012056>
- Wulandari, R., Susilo, H., & Kuswandi, D. (2017). Multimedia Interaktif Bermuatan Game Edukasi Sebagai Salah Satu Alternatif Pembelajaran Ipa Di Sekolah Dasar. *Graduate School Conferences*, 1(2), 1–7.
- Yamtinah, S., Elfi Susanti, V. H., Saputro, S., Ariani, S. R. D., Shidiq, A. S., Sari, D. R., & Ilyasa, D. G. (2023). Augmented reality learning media based on tetrahedral chemical representation: How effective in learning process? *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(8). <https://doi.org/10.29333/ejmste/13436>
- Yaniawati, P., Sudirman, Mellawaty, Indrawan, R., & Mubarika, M. P. (2023). the Potential of Mobile Augmented Reality As a Didactic and Pedagogical Source in Learning Geometry 3D. *Journal of Technology and Science Education*, 13(1), 4–22. <https://doi.org/10.3926/jotse.1661>