


Integrasi Literasi Matematika dan Sains dalam Pendidikan Berbasis Teknologi Digital

Nurul Aisyah^{1*}, Firdaus², Nanda David Prasetyo³, Kristiningrum⁴, Christina Purba⁵, Nurul Isnaeni⁶, Sri Susanti⁷, Fitri Damayanti⁸

¹⁻⁸Program Studi Magister Pendidikan Matematika dan IPA, Universitas Indraprasta PGRI, Jl. Nangka Raya No.58 C, RT.5/RW.5, Tanjung Barat, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan
E-mail: nurulaisyah335@gmail.com

* Corresponding Author

 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i2.3506>

ARTICLE INFO

Article history

Received: 25 September 2025

Revised: 20 October 2025

Accepted: 10 November 2025

Kata Kunci:

Literasi Matematika, Literasi Sains, Teknologi Digital, STEAM, Pembelajaran Abad Ke - 21

Keywords:

Math Literacy, Science Literacy, Digital Technology, STEAM, 21st Century Learning

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis integrasi literasi matematika dan sains dalam konteks pendidikan berbasis teknologi digital sebagai upaya menjawab tantangan abad ke-21. Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR) dengan menelaah 45 artikel nasional dan internasional yang relevan terbit antara tahun 2016–2025. Hasil kajian menunjukkan bahwa penggunaan teknologi digital seperti virtual lab, augmented reality, learning management system, dan media interaktif mampu meningkatkan pemahaman konseptual, literasi numerasi, serta literasi sains peserta didik. Integrasi pendekatan STEAM dan *Project Based Learning* terbukti efektif dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, serta komunikasi siswa. Selain itu, literasi digital guru memiliki peran penting dalam keberhasilan implementasi pembelajaran berbasis teknologi. Namun, tantangan utama masih muncul pada aspek kesiapan infrastruktur, kesenjangan akses teknologi antarwilayah, serta kompetensi digital tenaga pendidik yang belum merata. Penelitian ini merekomendasikan penguatan kompetensi digital guru, pengembangan kurikulum integratif matematika-sains-ICT, dan kolaborasi antar pemangku kebijakan untuk menciptakan ekosistem pembelajaran yang adaptif dan berdaya saing global.

This research aims to analyze the integration of mathematics and science literacy in the context of digital technology-based education as an effort to answer the challenges of the 21st century. The method used is Systematic Literature Review (SLR) by examining 45 relevant national and international articles published between 2016–2025. The results of the study show that the use of digital technology such as virtual labs, augmented reality, learning management systems, and interactive media is able to improve students' conceptual understanding, numeracy literacy, and science literacy. The integration of STEAM and Project Based Learning approaches has proven to be effective in developing students' critical, creative, collaborative, and communication skills. In addition, teachers' digital literacy has an important role in the successful implementation of technology-based learning. However, the main challenges still arise in the aspect of infrastructure readiness, the gap in technology access between regions, and the uneven digital competence of educators. This research recommends strengthening teachers' digital competencies, developing an integrative mathematics-science-ICT curriculum, and collaboration between policy stakeholders to create an adaptive and globally competitive learning ecosystem.



This is an open access article under the CC-BY-SA license.

How to Cite: Nurul Aisyah, et al (2025). Integrasi Literasi Matematika dan Sains dalam Pendidikan Berbasis Teknologi Digital, 4 (2) 9660-9670. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i2.3506>

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital pada abad ke-21 telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam bidang pendidikan. Transformasi digital menuntut sistem pendidikan untuk beradaptasi dengan cepat, terutama dalam membekali peserta didik dengan keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan mampu memecahkan masalah berbasis data dan informasi. Dalam konteks ini, literasi matematika dan literasi sains menjadi dua kemampuan esensial yang harus diintegrasikan dalam proses pembelajaran berbasis teknologi digital agar siswa tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi juga mampu berpikir logis dan ilmiah dalam memanfaatkan teknologi tersebut.

Literasi matematika mencakup kemampuan untuk merumuskan, menerapkan, dan menafsirkan konsep matematika dalam berbagai konteks kehidupan nyata. (Ekadiansyah, 2024) memberikan pandangan lain bahwa literasi tidak hanya sekadar kemampuan membaca dan menulis, tetapi literasi bisa berarti melek teknologi, politik, berpikir kritis, dan peka terhadap lingkungan sekitar. Sementara itu, literasi sains meliputi kemampuan untuk memahami fenomena alam, melakukan penyelidikan ilmiah, serta mengambil keputusan berdasarkan bukti dan penalaran ilmiah.

(Fuadi et al., 2020) menyebutkan bahwa literasi sains adalah kemampuan menggunakan pengetahuan sains untuk mengidentifikasi pertanyaan, memperoleh pengetahuan baru, menjelaskan fenomena ilmiah dan menyimpulkan berdasarkan bukti-bukti ilmiah. Literasi sains berarah kepada bagaimana peserta didik menggunakan pengetahuan mereka untuk menciptakan sebuah ide baru, konsep baru terhadap sebuah permasalahan secara ilmiah (Wulandari, N., & Sholihin, H., 2016) dalam (Fuadi et al., 2020). Integrasi kedua literasi ini sangat penting dalam menghadapi tantangan dunia modern yang sarat dengan data, algoritma, dan inovasi teknologi. Pembelajaran yang terpisah antara matematika dan sains sering kali membuat siswa sulit mengaitkan konsep yang mereka pelajari dengan situasi nyata yang bersifat multidisipliner.

Pendidikan berbasis teknologi digital membuka peluang besar untuk mengintegrasikan literasi matematika dan sains melalui berbagai media pembelajaran interaktif, simulasi, eksperimen virtual, serta aplikasi analisis data. Teknologi tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu, tetapi juga sebagai lingkungan belajar yang memungkinkan siswa mengonstruksi pengetahuan secara mandiri, kolaboratif, dan kontekstual. Melalui pendekatan ini, siswa dapat mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*) serta meningkatkan kemampuan literasi digital yang relevan dengan kebutuhan abad ke-21. (Umbara & Nuraeni, 2019) dalam (Ramadhan et al., 2023) menyebutkan bahwa penggunaan teknologi media interaktif dapat meningkatkan motivasi siswa, mengurangi rasa bosan siswa sehingga siswa lebih tertarik dalam proses pembelajaran, dan meningkatkan hasil belajar matematika siswa.

Namun demikian, penerapan integrasi literasi matematika dan sains berbasis teknologi digital masih menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan kompetensi guru dalam penggunaan teknologi, kurangnya fasilitas pendukung, serta rendahnya pemanfaatan teknologi untuk pembelajaran berbasis inkuiri dan pemecahan masalah. Oleh karena itu, diperlukan kajian dan inovasi pendidikan yang mampu merancang model pembelajaran integratif, di mana literasi matematika dan sains dapat berkembang sejalan dengan kemajuan teknologi digital untuk menciptakan generasi yang adaptif, kritis, dan berdaya saing global.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode SLR (*Systematic Literature Review*) untuk menganalisis integrasi literasi matematika dan sains dalam pendidikan berbasis teknologi digital. *Systematic Literature Review* (SLR) didefinisikan sebagai proses mengidentifikasi, menilai, dan menafsirkan semua bukti penelitian yang tersedia dengan tujuan untuk memberikan jawaban untuk pertanyaan penelitian tertentu (Durach dkk., 2017). *Systematic Literature Review* (SLR) dipilih karena metode ini memungkinkan identifikasi, evaluasi, dan sintesis sistematis terhadap semua penelitian relevan yang telah dipublikasikan mengenai topik tertentu. Penelitian ini menggunakan metode tinjauan literatur sistematis untuk menganalisis integrasi literasi matematika dan sains dalam pendidikan berbasis teknologi digital. Tinjauan literatur sistematis dipilih karena metode ini memungkinkan identifikasi, evaluasi, dan sintesis sistematis terhadap semua penelitian relevan yang telah dipublikasikan mengenai

topik tertentu. Proses penelitian mengikuti kerangka kerja yang terstruktur dan transparan untuk meminimalkan bias dan memastikan replikabilitas hasil. Metode ini melibatkan beberapa tahap sistematis mulai dari perumusan pertanyaan penelitian, pencarian literatur, seleksi artikel, ekstraksi data, hingga sintesis temuan untuk menghasilkan kesimpulan yang komprehensif dan berdasarkan bukti empiris yang kuat dari berbagai sumber penelitian terpercaya (Tantangan, 2024).

Pertanyaan Penelitian

Penelitian ini dirumuskan untuk menjawab beberapa pertanyaan utama tentang integrasi literasi matematika dan sains dalam konteks teknologi digital. Pertanyaan pertama berfokus pada bagaimana teknologi digital diintegrasikan dalam pembelajaran matematika dan sains untuk meningkatkan literasi siswa. Pertanyaan kedua mengeksplorasi efektivitas berbagai model dan strategi pembelajaran berbasis teknologi terhadap peningkatan literasi matematika dan sains pada berbagai jenjang pendidikan. Pertanyaan ketiga mengidentifikasi tantangan dan hambatan yang dihadapi dalam implementasi teknologi digital untuk pembelajaran literasi matematika dan sains. Pertanyaan terakhir mencari solusi dan rekomendasi untuk mengoptimalkan integrasi teknologi digital dalam meningkatkan literasi matematika dan sains di era pendidikan abad ke-21 yang semakin kompleks (Pendidikan, 2022)

Strategi Pencarian dan Kriteria Seleksi

Pencarian literatur dilakukan secara komprehensif melalui basis data akademik terpercaya dan publikasi ilmiah bereputasi. Kriteria inklusi mencakup artikel yang dipublikasikan antara tahun 2016 hingga 2025 untuk memastikan relevansi dan kebaruan informasi dengan perkembangan teknologi terkini. Artikel yang dipilih harus membahas literasi matematika, literasi sains, atau keduanya dalam konteks penggunaan teknologi digital dalam pembelajaran. Penelitian dapat berupa studi empiris, eksperimen, kuasi eksperimen, penelitian tindakan kelas, atau tinjauan literatur yang menggunakan metodologi yang jelas dan valid. Kriteria eksklusi meliputi artikel yang tidak relevan dengan topik penelitian, publikasi tanpa metodologi yang jelas, dan artikel yang tidak dapat diakses secara penuh untuk analisis mendalam dan komprehensif (Farikha & Juvitasari, 2025).

Proses Seleksi Artikel

Proses seleksi artikel mengikuti protokol yang sistematis dan terstruktur untuk memastikan kualitas dan relevansi literatur yang dianalisis. Tahap pertama adalah identifikasi artikel potensial melalui pencarian kata kunci yang telah ditentukan pada basis data akademik. Tahap kedua adalah penyaringan berdasarkan judul dan abstrak untuk mengeliminasi artikel yang tidak relevan dengan fokus penelitian. Tahap ketiga melibatkan pembacaan teks lengkap untuk menilai kelayakan artikel berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Proses ini menghasilkan 16 artikel yang memenuhi semua kriteria dan kemudian dianalisis secara mendalam. Setiap artikel diekstraksi informasinya meliputi tujuan penelitian, metode, temuan utama, dan implikasi untuk memastikan analisis yang sistematis dan komprehensif (Triandini et al., 2019).

Ekstraksi dan Analisis Data

Data dari setiap artikel yang terpilih diekstraksi secara sistematis menggunakan matriks ekstraksi data yang terstandarisasi. Informasi yang diekstraksi mencakup identitas publikasi seperti penulis, tahun, dan asal institusi, tujuan penelitian yang spesifik, metodologi yang digunakan, populasi dan sampel penelitian, temuan utama yang signifikan, serta implikasi dan rekomendasi yang diusulkan oleh peneliti. Data yang telah diekstraksi kemudian dianalisis secara tematik untuk mengidentifikasi pola, tren, dan hubungan antar temuan dari berbagai penelitian. Analisis tematik memungkinkan pengelompokan temuan berdasarkan kategori tertentu seperti jenis teknologi yang digunakan, jenjang pendidikan, efektivitas pembelajaran, dan tantangan implementasi untuk menghasilkan sintesis yang bermakna dan komprehensif (Kimia et al., 2025).

Penilaian Kualitas dan Sintesis Temuan

Kualitas setiap artikel dinilai berdasarkan kejelasan metodologi, validitas instrumen penelitian, ukuran sampel, dan kredibilitas temuan yang dilaporkan. Artikel dengan metodologi yang lemah atau temuan yang tidak didukung data yang memadai diberikan bobot yang lebih rendah dalam analisis. Sintesis temuan dilakukan dengan mengintegrasikan hasil dari berbagai penelitian untuk mengidentifikasi kesimpulan umum dan pola yang konsisten. Temuan yang kontradiktif atau inkonsisten dianalisis lebih lanjut untuk memahami faktor kontekstual yang mungkin mempengaruhi hasil. Proses sintesis ini menghasilkan gambaran komprehensif tentang integrasi literasi matematika dan sains dalam

pendidikan berbasis teknologi digital, termasuk praktik terbaik, tantangan umum, dan rekomendasi untuk penelitian dan praktik di masa depan yang lebih efektif (Yusup et al., 2018). termasuk praktik terbaik, tantangan umum, dan rekomendasi untuk penelitian dan praktik di masa depan yang lebih efektif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelusuran terhadap berbagai sumber referensi yang relevan dari jurnal nasional dan internasional dalam rentang tahun 2016 – 2025. Ditemukan bahwa integrasi literasi matematika dan sains dalam Pendidikan berbasis digital menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam berbagai konteks pembelajaran. Secara umum, hasil kajian dapat dikelompokkan ke dalam tujuh tema utama:

Peningkatan pemahaman konseptual melalui teknologi digital

Peran teknologi digital dalam pendidikan sudah menjadi fokus banyak penelitian dalam beberapa tahun terakhir. Teknologi seperti simulasi interaktif, *augmented reality* (AR), *virtual reality* (VR), dan platform pembelajaran online telah terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual siswa (Childs et al, 2023) dalam (Nofamataro Zebua, 2025). Sejalan dengan Astuti & Hermita (2022) dalam (Atmojo & Wardana, 2025) yang menyatakan bahwa penggunaan media interaktif dapat mempercepat pemahaman siswa terhadap konsep-konsep abstrak dalam kemampuan literasi sains dan matematika. Integrasi teknologi digital juga berkontribusi pada pengembangan keterampilan abad 21, seperti berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, dan kreativitas (Dilekçi & Karatay, 2023; Yılmaz, 2021) dalam (Nofamataro Zebua, 2025).

Dengan mengimplementasikan proyek berbasis teknologi, maka siswa dapat belajar bagaimana cara menganalisis data, memecahkan masalah, dan bekerja sama dalam tim maupun individu. Dari data observasi menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis teknologi mendorong siswa untuk lebih aktif dalam proses pembelajaran. Siswa tidak hanya menjadi penerima informasi, tetapi juga terlibat sebagai penjelajah dan penalar. Ini mendukung pendekatan konstruktivisme, di mana siswa membangun sendiri pengetahuannya melalui pengalaman langsung (Sudarsana, 2018) dalam (Atmojo & Wardana, 2025). Senada dengan pendapat (Kurniawan et al. 2024) dalam (Wahyuni, 2025) yang menegaskan bahwa teknologi digital dapat menciptakan pengalaman belajar yang bersifat personal, adaptif, serta meningkatkan motivasi dan rasa percaya diri siswa dalam memahami konsep abstrak.

Dari hasil penelitian (Wahyuni, 2025) menunjukkan adanya peningkatan tren pemanfaatan teknologi digital dalam pembelajaran matematika. Kata kunci “teknologi” menjadi fokus utama yang menegaskan peran penting digitalisasi dalam memperdalam pemahaman konsep matematis siswa. Teknologi tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu, tetapi juga sebagai sarana efektif untuk menjelaskan konsep-konsep abstrak, meningkatkan motivasi belajar, serta mendorong pembelajaran yang bersifat kolaboratif. Keberhasilan penerapan teknologi tersebut bergantung pada kesiapan guru, ketersediaan infrastruktur, dan dukungan kebijakan pendidikan.

Sementara dari hasil penelitian (Atmojo & Wardana, 2025) menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi digital seperti Labster dan Quizizz dalam pembelajaran sains di sekolah dasar terbukti efektif meningkatkan literasi sains siswa dengan mendorong eksplorasi konsep secara visual, kontekstual, dan interaktif. Melalui laboratorium virtual dan aplikasi edukatif, siswa tidak hanya lebih termotivasi, tetapi juga mampu mengembangkan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis dan pemecahan masalah. Meskipun demikian, tantangan seperti keterbatasan infrastruktur, kesenjangan akses teknologi, dan kompetensi guru masih perlu diatasi melalui pelatihan, pemerataan fasilitas, serta kolaborasi antara sekolah, pemerintah, dan pihak swasta. Kedepannya diharapkan Integrasi teknologi seperti AI dan AR perlu terus diperkuat sebagai investasi jangka panjang untuk membentuk generasi yang literat sains, adaptif, dan siap menghadapi tantangan global

Sedangkan dalam penelitian (Akyuna et al., 2025) menunjukkan bahwa media pembelajaran interaktif dapat berdampak positif terhadap keterlibatan peserta didik dengan meningkatkan kemampuan kognitif, motivasi, dan minat belajar dalam suasana yang menarik serta memenuhi standar pendidikan nasional. Media ini berfungsi sebagai katalisator partisipatif yang mengaktifkan kecerdasan majemuk melalui pengalaman belajar multisensori, sehingga mendorong transformasi dari pembelajaran pasif menuju pembelajaran aktif.

Integrasi kurikulum dan pendekatan pembelajaran STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics)

STEAM singkatan dari Sains, Teknologi, Rekayasa, Seni, dan Matematika, merupakan inovasi dalam dunia pendidikan yang menggabungkan dari berbagai disiplin ilmu menjadi satu konsep pembelajaran yang terpadu. STEAM ini berkembang dari STEM (Sains, Teknologi, Rekayasa, dan Matematika), dengan adanya penambahan unsur Seni (*Art*) supaya menciptakan pendekatan yang lebih holistik dan kreatif (Nurhikmayati, 2019). Menurut Buiniconro (2017) dalam (Nurhikmayati, 2019) mendefinisikan STEAM sebagai integrasi disiplin ilmu seni ke dalam kurikulum dan pembelajaran pada wilayah sains, teknologi, teknik dan matematika (STEM). (Nurhikmayati, 2019) menyatakan bahwa unsur seni dipadukan pada STEM sebagai dasar akan kebutuhan lain yang lebih baik dan menarik agar outcome atau produk yang dihasilkan dari pembelajaran berbasis STEAM memuat unsur seni yang tentunya akan memberikan pengaruh positif bagi siapa saja yang menikmatinya.

Dalam dunia pendidikan kini siswa dihadapkan dengan tantangan yang semakin kompleks, yang membutuhkan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan literasi digital. Untuk menyiapkan siswa menghadapi tantangan tersebut, pengembangan kurikulum berbasis STEM (Sains, Teknologi, *Engineering*, dan Matematika) menjadi sangat penting (Mustofiyah et al., 2024). Dalam penelitian (Nurhikmayati, 2019) menemukan bahwa implementasi STEAM dalam pembelajaran matematika sangat berguna dan bermanfaat, tidak hanya mengembangkan kemampuan pada aspek kognitif, pembelajaran STEAM juga dapat mengembangkan kemampuan dan skill lain yang berguna bagi peserta didik untuk menghadapi tantangan era globalisasi di masa mendatang.

Dalam penelitian (Firawaty et al., 2025) akan mengimplementasikannya secara praktis dalam proses pembelajaran di kelas, lengkap dengan rancangan proyek yang menggabungkan elemen sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika secara harmonis. Integrasi pendekatan STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) dalam model pembelajaran Project Based Learning (PjBL) pada siswa kelas IV SDN 1 Bengking terbukti efektif dalam meningkatkan literasi saintifik dan numerasi, khususnya dalam pembelajaran materi ekosistem (IPA) dan bangun ruang (Matematika). Penelitian (Firawaty et al., 2025) menunjukkan bahwa penerapan pendekatan STEAM dengan model *Project Based Learning* (PjBL) secara signifikan meningkatkan literasi sains dan numerasi siswa sekolah dasar. Melalui proyek nyata, siswa memahami dan menerapkan konsep sains serta matematika dalam kehidupan sehari-hari.

Model ini juga efektif mengembangkan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi, sehingga direkomendasikan untuk pembelajaran tematik IPA dan Matematika. Diperolehnya hasil dari 30 siswa yang diamati, sebanyak 7 siswa (23%) masuk dalam kategori sangat kreatif, sementara 10 siswa (33%) berada dalam kategori kreatif. 9 siswa (30%) yang termasuk dalam kategori cukup kreatif, dan hanya 4 siswa (13%) yang masih berada di kategori kurang kreatif. Dibandingkan dengan kondisi sebelum penerapan pendekatan STEAM, data ini menunjukkan bahwa penerapan model PjBL berbasis STEAM terbukti efektif dalam meningkatkan literasi saintifik dan numerasi siswa kelas IV SDN 1 Bengking.

Berdasarkan hasil kajian dari tiga artikel, maka menghasilkan sintesis yang menunjukkan bahwa dengan penerapan pendekatan STEAM, baik secara konseptual maupun praktis, dapat memberikan dampak positif terhadap pengembangan kompetensi kognitif dan nonkognitif siswa pada jenjang sekolah dasar. STEAM tidak hanya meningkatkan pemahaman terhadap konsep sains dan matematika, tetapi juga mengintegrasikan aspek seni dan kreativitas yang memperkuat pembelajaran kontekstual. Selain itu, penerapan STEAM melalui model *Project Based Learning* (PjBL) terbukti mampu menciptakan pengalaman belajar yang bermakna, kolaboratif, dan relevan dengan kebutuhan pembelajaran pada abad ke-21 yang mana untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreatif dan kolaboratif siswa.

Peran Literasi Digital dan Kompetensi Guru

Peran literasi digital guru menjadi elemen fundamental dalam keberhasilan integrasi literasi matematika dan sains pada pendidikan berbasis teknologi digital. Guru tidak hanya berfungsi sebagai penyampai informasi, tetapi juga sebagai fasilitator pembelajaran yang kreatif dalam memanfaatkan teknologi untuk memperkaya pengalaman belajar siswa. Menurut Atmojo dan Ardiansyah (2022), tingkat literasi digital guru sekolah dasar di Indonesia masih tergolong rendah, terutama pada dimensi keterampilan teknologi, yang berdampak pada terbatasnya inovasi dalam pembelajaran berbasis digital.

Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara tuntutan kompetensi abad ke-21 dan kemampuan faktual guru dalam mengintegrasikan teknologi secara efektif di kelas (Atmojo et al., 2022).

Penelitian oleh Ibda et al. (2023) menunjukkan bahwa kompetensi digital guru memiliki hubungan positif dengan efektivitas pembelajaran daring. Guru yang memiliki tingkat literasi digital tinggi cenderung lebih mampu menciptakan pembelajaran yang interaktif, memanfaatkan platform digital untuk meningkatkan partisipasi siswa, serta menumbuhkan kolaborasi dalam konteks pembelajaran matematika dan sains (Ibda et al., 2023). Hasil serupa juga ditemukan yang melaporkan adanya korelasi moderat ($r = 0,45$) antara literasi digital guru dan tingkat integrasi ICT dalam pengajaran, menegaskan bahwa literasi digital bukan sekadar keterampilan teknis, tetapi juga mencakup kesiapan pedagogis dan motivasional guru dalam menghadapi perubahan paradigma pendidikan digital (Omar et al., 2025).

Secara konseptual, kompetensi digital guru telah didefinisikan dalam beberapa kerangka teoretis, seperti HeDiCom Framework yang menekankan empat dimensi utama: praktik pengajaran digital, pemberdayaan siswa dalam masyarakat digital, literasi digital personal guru, dan pengembangan profesionalisme digital. Kerangka ini menegaskan pentingnya keseimbangan antara kemampuan teknis dan refleksi pedagogis dalam penerapan teknologi di kelas (Tondeur et al., 2023). Sementara itu, dalam penelitian lain melalui konsep *Teacher Digital Competence* (TDC) menguraikan bahwa kompetensi digital guru merupakan kombinasi dari pengetahuan pedagogis, profesional, dan teknologi yang saling terintegrasi. Dalam konteks literasi matematika dan sains, hal ini berarti guru harus mampu merancang pengalaman belajar berbasis proyek dan pemecahan masalah yang melibatkan eksplorasi data digital, simulasi ilmiah, serta penggunaan aplikasi matematika interaktif (Ilomäki et al., 2016). Dengan demikian, integrasi literasi digital dalam pendidikan sains dan matematika tidak hanya menuntut kemampuan teknis guru dalam mengoperasikan perangkat digital, tetapi juga kemampuan berpikir reflektif, etis, dan kritis dalam memanfaatkan teknologi untuk mendukung pembelajaran bermakna. Peningkatan kompetensi digital guru melalui pelatihan, komunitas belajar profesional, dan praktik berbasis teknologi kolaboratif menjadi langkah strategis untuk mewujudkan pembelajaran yang adaptif terhadap kebutuhan abad ke-21.

Integrasi Literasi Matematika dan Sains dalam Konteks Digital

Integrasi literasi matematika dan sains dalam pembelajaran berbasis teknologi digital memperkaya kesempatan siswa untuk tidak hanya menguasai konten, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah melalui medium digital. Salah satu penelitian menunjukkan bahwa penggunaan modul digital berbasis STEAM-Inkuiri (digital STEAMIL) secara signifikan meningkatkan literasi matematika siswa sekolah dasar dibandingkan pembelajaran konvensional, dengan perbedaan yang jelas antara siswa di lingkungan urban dan rural (Susanta et al., 2025). Hal ini menunjukkan bahwa teknologi digital yang dirancang untuk konteks matematika dan sains termasuk akses internet dan modul interaktif serta berkontribusi pada peningkatan literasi akademik.

Selanjutnya, literasi digital dan keterampilan STEM ternyata saling terkait erat. Studi sistematis menyimpulkan bahwa literasi digital berperan dalam memperkuat keterampilan STEM seperti berpikir kritis, inovasi, kolaborasi dan konstruksi pengetahuan, serta bahwa pendidikan STEM sendiri dapat mengembangkan literasi digital siswa (Govender, 2025). Dalam konteks pembelajaran matematika dan sains, hal ini berarti bahwa siswa tidak hanya belajar konsep, tetapi juga bagaimana menggunakan teknologi untuk mengumpulkan data, memvisualisasikan hubungan matematis/ilmiah, dan menyampaikan pemahaman mereka melalui media digital.

Contoh penerapan praktis yang ditemukan di Indonesia adalah pengembangan lembar kerja siswa digital berbasis STEM untuk topik fisika dan matematika yang menunjukkan bahwa media pembelajaran digital ini dapat memperkuat literasi sains dan matematika siswa termasuk kemampuan menginterpretasi data dan menerapkan konsep ke dalam konteks nyata (Kamal et al., 2024). Dengan demikian, integrasi literasi matematika dan sains dalam konteks digital tidak cukup hanya memasukkan alat teknologi ke dalam kelas, tetapi juga mendesain kurikulum dan kegiatan pembelajaran yang menggerakkan siswa untuk aktif menggunakan literasi digital, menghubungkan konsep matematika dan sains, serta berkolaborasi dalam lingkungan teknologi.

Namun, tantangan tetap ada, misalnya akses teknologi yang tidak merata, kompetensi guru yang belum optimal dalam pembelajaran digital, dan kesenjangan antara kondisi sekolah urban dan rural.

Studi dengan modul digital STEM di fisika menunjukkan bahwa efektivitasnya dipengaruhi oleh ketersediaan infrastruktur dan pengalaman digital siswa (Asrizal & Ashel, 2023). Untuk itu, rekomendasi bagi pengembangan pembelajaran adalah: (1) mendesain modul digital yang kontekstual dengan disiplin matematika dan sains, (2) menyertakan aktivitas eksplorasi data dan simulasi digital, serta (3) memastikan dukungan teknis dan pelatihan bagi guru agar integrasi literasi matematika-sains-digital dapat berjalan optimal.

Transformasi Pembelajaran Melalui Teknologi

Penelitian menunjukkan bahwa penerapan pendidikan digital 5.0 dengan memadukan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi membawa perubahan besar terhadap proses belajar-mengajar. Penggunaan teknologi seperti kecerdasan buatan (AI), *Internet of Things* (IoT), realitas virtual, dan big data membuat kegiatan pembelajaran menjadi lebih interaktif, kolaboratif, serta menyesuaikan diri dengan kebutuhan siswa (Yusuf et al., 2023). Pembelajaran tidak lagi sebatas penyampaian pengetahuan, tetapi juga berfokus pada pengembangan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, berkreasi, berkomunikasi, dan bekerja sama.

Menurut Sakti (2023), penerapan pembelajaran digital berhasil menggeser pola pendidikan tradisional menjadi lebih modern dan fleksibel. Dengan adanya teknologi, siswa dapat belajar kapan pun dan di mana pun melalui berbagai platform digital. Sementara itu, guru kini lebih berperan sebagai pembimbing yang membantu siswa untuk mandiri dan bertanggung jawab terhadap proses belajar mereka. Kajian literatur juga memperlihatkan bahwa pendidikan digital 5.0 mengarah pada sistem pembelajaran berbasis teknologi tinggi yang menyesuaikan konten sesuai karakter dan kebutuhan setiap siswa. Contohnya, teknologi machine learning dapat menganalisis kebiasaan belajar siswa untuk menyesuaikan materi secara otomatis (Rahardja et al., 2023). Pendekatan ini dikenal dengan istilah *personalized learning*, di mana setiap peserta didik dapat belajar sesuai kemampuan dan gaya belajarnya masing-masing.

Namun, transformasi ini tidak lepas dari tantangan seperti kesiapan tenaga pendidik, ketersediaan infrastruktur digital, serta masalah keamanan dan etika penggunaan teknologi (Rahardja & Aini, 2022). Guru perlu meningkatkan kompetensi pedagogik digital agar mampu memanfaatkan teknologi dengan baik dalam proses pembelajaran. Selain itu, perlindungan data siswa dan literasi digital juga menjadi hal penting yang harus diperhatikan. Perubahan lain yang terjadi adalah pada media pembelajaran. Menurut Sakti (2023), media digital dapat membuat penyampaian materi lebih menarik dan kontekstual melalui video, simulasi interaktif, dan tampilan tiga dimensi (3D). Cara ini terbukti meningkatkan minat dan pemahaman siswa sekaligus mengurangi kejenuhan belajar. Integrasi media digital dengan *Learning Management System* (LMS) juga membantu guru dalam memantau perkembangan siswa secara langsung dan memberi umpan balik lebih cepat.

Selain aspek akademik, teknologi digital turut berperan dalam membentuk karakter dan tanggung jawab siswa. Melalui pembelajaran daring dan kolaboratif, peserta didik tidak hanya menguasai teknologi, tetapi juga belajar tentang etika digital, tanggung jawab sosial, dan refleksi diri (Anwar et al., 2022). Dengan demikian, pendidikan digital 5.0 tidak hanya menekankan kemampuan kognitif, tetapi juga perkembangan sikap dan sosial.

Secara umum, penelitian menyimpulkan bahwa keberhasilan pendidikan digital 5.0 ditentukan oleh tiga faktor utama:

1. Kesiapan infrastruktur dan sumber daya manusia pendidikan,
2. Kebijakan pendidikan yang mendukung integrasi teknologi, dan
3. Kemampuan siswa untuk beradaptasi terhadap perubahan teknologi.

Ketiga faktor ini harus saling mendukung agar tercipta ekosistem pendidikan yang berkelanjutan, inklusif, dan siap menghadapi masa depan.

Secara keseluruhan, hasil dan pembahasan dari kedua penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan transformasi pendidikan digital 5.0 bergantung pada tiga hal utama: (1) kesiapan infrastruktur dan sumber daya manusia pendidikan, (2) kebijakan pendidikan yang mendukung integrasi IPTEK secara menyeluruh, dan (3) kemampuan adaptasi peserta didik terhadap perubahan teknologi. Dengan sinergi ketiganya, pendidikan digital 5.0 dapat menciptakan ekosistem belajar yang berkelanjutan, inklusif, dan berorientasi masa depan

Implikasi bagi Pengembangan Kurikulum dan Kompetensi Guru

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan pendidikan digital 5.0 dan teknologi pembelajaran modern membawa dampak besar terhadap cara guru dan siswa belajar. Perubahan ini tidak hanya sebatas penggunaan media digital, tetapi juga mengubah cara berpikir dan berinteraksi dalam proses belajar. Kini, pembelajaran tidak lagi berlangsung satu arah dari guru ke siswa, melainkan menjadi proses yang lebih kolaboratif dan berbasis teknologi, yang menekankan pada kreativitas, komunikasi, kerja sama, dan kemampuan berpikir kritis. Teknologi seperti kecerdasan buatan (AI), *Internet of Things* (IoT), dan pembelajaran berbasis data memungkinkan terciptanya pembelajaran yang lebih personal. Artinya, guru dapat menyesuaikan materi sesuai kemampuan dan kebutuhan masing-masing siswa, serta memberikan umpan balik otomatis terhadap hasil belajar. Model seperti *flipped classroom* dan *blended learning* juga terbukti mampu meningkatkan keaktifan siswa karena menggabungkan pembelajaran tatap muka dan daring.

Selain itu, hasil kajian menunjukkan bahwa penggunaan teknologi dalam pendidikan sangat mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21. Siswa tidak hanya memahami teori, tetapi juga belajar menerapkan teknologi dalam menyelesaikan masalah nyata. Platform seperti *Learning Management System* (LMS) membantu siswa mengakses materi, mengumpulkan tugas, dan berdiskusi secara online. Hal ini membuat proses belajar lebih menarik, meningkatkan motivasi, dan menumbuhkan kemandirian belajar. Bagi guru, perubahan ini mendorong peningkatan kompetensi digital dan pedagogik. Guru diharapkan mampu memanfaatkan teknologi untuk menciptakan pembelajaran yang inovatif dan efektif. Penelitian juga menyebutkan bahwa guru yang terbiasa menggunakan teknologi memiliki kemampuan lebih baik dalam membangun suasana belajar yang menyenangkan dan menumbuhkan rasa ingin tahu siswa.

Namun, penerapan pendidikan digital 5.0 juga memiliki tantangan. Hambatan utama meliputi keterbatasan infrastruktur, rendahnya literasi digital, serta keamanan data. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan pendidikan yang mendukung pemerataan akses teknologi dan pelatihan digital bagi guru di semua jenjang. Selain itu, penting juga untuk menanamkan etika dan tanggung jawab digital kepada siswa agar mereka dapat menggunakan teknologi secara bijak.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pendidikan digital 5.0 membuka peluang besar untuk meningkatkan mutu pembelajaran di Indonesia. Dengan dukungan teknologi canggih, proses belajar menjadi lebih interaktif, adaptif, dan berpusat pada siswa. Namun, keberhasilannya tetap bergantung pada kesiapan sistem pendidikan secara menyeluruh—termasuk kebijakan, kompetensi guru, dan budaya belajar peserta didik.

Tantangan dan Rekomendasi

Pada kenyataannya integrasi matematika dan sains dalam pendidikan berbasis teknologi digital menemui banyak tantangan, baik dari sisi siswa, guru maupun sarana prasarana. Kita sangat tahu bahwa setiap sekolah tidak memiliki akses ataupun tingkat keterampilan teknologi yang sama pada guru. Dalam pendidikan, implementasi teknologi menghadapi sejumlah tantangan yang signifikan, terutama pada literasi digital, aksesibilitas dan kesenjangan teknologi antar sekolah (Aliyah & Masyithoh, 2024). Tidak jarang kita jumpai juga guru yang lebih senang berada di zona nyamannya bahkan anti terhadap perubahan. Padahal perubahan dalam dunia pendidikan merupakan hal yang abadi. Banyak guru yang merasa teknologi itu sulit untuk dipelajari dan merasa cukup dengan metode konvensional dalam mengajar seperti ceramah. Selain itu masih banyak dijumpai guru yang menggunakan teknologi tanpa strategi yang tepat dan sesuai dengan tujuan pembelajaran yang hendak dicapai. Penelitian (Stigberg et al., 2024) mengemukakan untuk meningkatkan pemahaman konseptual dengan mengimplementasikan strategis alat digital terutama dalam visualisasi geometris dan tugas pemecahan masalah, meskipun efektivitasnya sangat bergantung pada persiapan guru dan pendekatan pedagogis. Tidak kalah pentingnya penggunaan teknologi atau aplikasi harus benar-benar dirancang untuk mendukung literasi matematika/sains bukan sekadar hanya sebagai hiburan sesaat.

Tantangan tersebut harus diatasi dengan serius dan harus melibatkan semua pihak agar kelak siswa siap dalam menghadapi tantangan zaman. Pengambil kebijakan seperti pemerintah pusat dan daerah dapat merancang dan mengimplementasikan pilot-pilot program literasi sains/matematika berbasis digital baik dari segi sarana prasana atau pengembangan diri untuk guru. Guru dapat diberdayakan dalam mengembangkan media pembelajaran digital mulai dari yang sederhana tujuannya

agar guru merasa memiliki dan kompeten. Pendidik harus terus memperbarui diri agar tetap relevan didalam menghadapi dinamika perkembangan ilmu pengetahuan serta juga teknologi (Permatasari et al., 2022). Integrasi literasi matematika/sains berbasis teknologi ini harus dipastikan dilakukan secara terus menerus tidak hanya menimplementasikan sesekali akan tetapi dapat dilakukan secara rutin/ berkala dalam kegiatan pembelajaran. Penrapan literasi matematika, sains dan digital harus berjalan Bersama atau holistic tidak terpisah satu sama lain karena ketiganya adalah indikator yang saling mempengaruhi untuk meningkatkan kompetensi abad 21 (Munawaroh, 2024) berpendapat bahwa Pelatihan (*capacity building*) dan desain pembelajaran yang berkelanjutan sangat diperlukan bagi guru.

SIMPULAN

Integrasi literasi matematika dan sains dalam pendidikan berbasis teknologi digital merupakan langkah strategis untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di era transformasi digital. Berdasarkan hasil *Systematic Literature Review*, ditemukan bahwa penggunaan teknologi digital tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu, tetapi juga sebagai ekosistem pembelajaran yang menumbuhkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, serta kolaborasi siswa. Pendekatan berbasis STEAM dan proyek nyata terbukti mampu menghubungkan konsep matematika dan sains dalam konteks kehidupan sehari-hari secara kreatif dan bermakna.

Keberhasilan implementasi integrasi ini sangat bergantung pada literasi digital dan kompetensi pedagogik guru, ketersediaan infrastruktur teknologi, serta dukungan kebijakan pendidikan yang berorientasi pada inovasi. Oleh karena itu, peningkatan kapasitas guru melalui pelatihan digital, penyediaan fasilitas pembelajaran berbasis teknologi, dan pemerataan akses harus menjadi prioritas. Sinergi antara literasi matematika, literasi sains, dan literasi digital akan menciptakan generasi pembelajar abad ke-21 yang adaptif, inovatif, dan siap menghadapi tantangan global.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan artikel ilmiah ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada: 1) Pimpinan dan Dosen Program Studi Magister Pendidikan Matematika dan IPA, Fakultas Pascasarjana, Universitas Indraprasta PGRI, yang telah memberikan bimbingan, dukungan akademik, serta arahan ilmiah selama proses penelitian dan penulisan artikel ini. 2) Rekan-rekan peneliti dan kolaborator: Nurul Aisyah, Firdaus, Nanda David Prasetyo, Kristiningrum, Christina Purba, Nurul Isnaeni, Sri Susanti, dan Fitri Damayanti atas kerja sama, diskusi konstruktif, serta kontribusi ide dan data dalam proses penyusunan naskah ini. 3) Pustakawan dan pengelola jurnal nasional maupun internasional, yang telah menyediakan akses terhadap berbagai literatur ilmiah sehingga penelitian ini dapat disusun berdasarkan data dan kajian yang valid. 4) Para pakar dan penelaah sejawat (*peer reviewer*) yang telah memberikan masukan berharga dalam penyempurnaan substansi dan metodologi penelitian ini. 5) Keluarga dan rekan sejawat yang senantiasa memberikan dukungan moral, semangat, dan doa dalam setiap tahap penyusunan artikel ini.

Akhirnya, penulis berharap semoga karya ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pendidikan, khususnya dalam upaya mengintegrasikan literasi matematika dan sains melalui pemanfaatan teknologi digital yang adaptif dan inovatif di era abad ke-21.

REFERENSI

- Akyuna, R. Q., Wahyuni, A. D., & Mintasih, D. (2025). Peran Media Pembelajaran Interaktif Dalam Meningkatkan Partisipasi Peserta Didik.
- Aliyah, H., & Masyithoh, S. (2024). Tinjauan Literatur: Peran Teknologi Digital dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran di Sekolah. *Jurnal Teknologi Pendidikan dan Pembelajaran (JTTP)*, 1(4), 681681–681687.
- Anwar, M. R., Oganda, F. P., Santoso, N. P. L., & Fabio, M. (2022). Artificial Intelligence that Exists in the Human Mind. *International Transactions on Artificial Intelligence*, 1(1), 28–42.
- Asrizal, A., & Ashel, H. (2023). STEM-integrated physics digital teaching material to develop conceptual understanding and new literacy of students. 19(7).

- Atmojo, I. R. W., Ardiansyah, R., & Wulandari, W. (2022). Classroom Teacher's Digital Literacy Level based on Instant Digital Competence Assessment (IDCA) Perspective. *Mimbar Sekolah Dasar*, 9(3), 431–445. <https://doi.org/10.53400/mimbar-sd.v9i3.51957>
- Atmojo, S. E., & Wardana, A. K. (2025). Pemanfaatan Teknologi Digital Sebagai Strategi Efektif Meningkatkan Literasi Sains di Sekolah Dasar. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 8(3). <https://jayapanguspress.penerbit.org/index.php/cetta>
- Ekadiansyah, E. (2024). Peran Literasi dalam Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis. *Sarajevski Žurnal Za Društvena Pitanja*, 13(1–2), 15–37. <https://doi.org/10.58527/2303-4033.2024.13.1-2.15>
- Farikha, S., & Juvitasari, P. B. (2025). Bibliometrik; Biblioshiny; Hukum Lotka; Scopus; UIN SATU Tulungagung. 19, 68–96.
- Firawaty, Nisa, A. F., & Wijayanto, Z. (2025). Integrasi Pendekatan STEAM dalam Project Based Learning untuk Meningkatkan Literasi Sainifik dan Numerasi Siswa SD. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Dasar*, 3.
- Fuadi, H., Robbia, A. Z., & Jufri, A. W. (2020). Analisis faktor penyebab rendahnya kemampuan literasi sains peserta didik. 5, 108–116.
- Fuadi, H., Robbia, A. Z., Jamaluddin, J., & Jufri, A. W. (2020). Analisis Faktor Penyebab Rendahnya Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(2), 108–116. <https://doi.org/10.29303/jipp.v5i2.122>
- Govender, I. (2025). Digital Literacy and STEM Skills– What is the Connection? A Systematic Review. *Technology, Knowledge and Learning*. <https://doi.org/10.1007/s10758-025-09879-x>
- Ibda, H., Syamsi, I., & Rukiyati. (2023). Digital literacy competency of elementary school teachers: A systematic literature review. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 12(3), 1609–1617. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i3.24559>
- Ilham, D. (2019). Menggagas Pendidikan Nilai dalam Sistem Pendidikan Nasional. <https://jurnaldidaktika.org>
- Ilomäki, L., Paavola, S., Lakkala, M., & Kantosalo, A. (2016). Digital competence – an emergent boundary concept for policy and educational research. *Education and Information Technologies*, 21(3), 655–679. <https://doi.org/10.1007/s10639-014-9346-4>
- Kamal, F. A., Subali, B., Astuti, B., Rusilowati, A., & Widiyatmoko, A. (2024). Pengembangan LKPD Digital Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Literasi Numerasi Dan Sains Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(5), 2454–2464. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i5.6689>
- Kimia, J. P., Biologi, F., Maulidia, F., Adidah, S. N., Yoshi, C. N., & Puspita, D. (2025). Perbedaan teknik ekstraksi dan hubungannya dengan uji aktivitas dan hasil fitokimia teknik lain yang semakin populer adalah ekstraksi berbantuan ultrasonik (UAE). 1(September).
- Liu, H., et al. (2022). Trustworthy AI: A Computational Perspective. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, 14(1), 1–59.
- Misra, P., & Yadav, A. S. (2020). Improving the Classification Accuracy using Recursive Feature Elimination with Cross-Validation. *International Journal of Emerging Technology*, 11(3), 659–665.
- Munawaroh, D. A. (2024). Peran teknologi pendidikan dalam mengembangkan pembelajaran bagi peneliti pemula di Indonesia. *Jurnal Teknologi Pembelajaran (JTeP)*, 4(1), 32–42.
- Mustofiyah, L., Puji Rahmawati, F., & Ghufron, A. (2024). Pengembangan Kurikulum Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Kompetensi Siswa di Era Digital: Tinjauan Systematic Literature Review.
- Nofamataro Zebua. (2025). Integrasi Teknologi Digital dalam Pembelajaran Biologi: Analisis Kualitatif terhadap Pemahaman Konseptual dan Keterampilan Abad 21. *Edukasi Elita: Jurnal Inovasi Pendidikan*, 2(2), 52–64. <https://doi.org/10.62383/edukasi.v2i2.1306>
- Nurhikmayati, I. (2019). Implementasi STEAM dalam Pembelajaran Matematika. *Jurnal Didactical Mathematics*, 1(2), 41. <http://jurnal.unma.ac.id/index.php/dm>
- Omar, O. H., Warfa, A. O., & Karienyne, D. (2025). Teachers Digital Literacy and Integration of Information Communication Technology in Teaching in Public Primary Schools in Garissa Township, Kenya. *Asian Journal of Education and Social Studies*, 51(9), 318–327. <https://doi.org/10.9734/ajess/2025/v51i92367>
- Pendidikan, K. M. (2022). Abstrak. 2013, 210–217.

- Permatasari, S., Attalina, S. N. C., & Widiyono, A. (2022). Pengaruh kompetensi pedagogik guru terhadap hasil belajar matematika siswa kelas IV SDN 4 Kaliaman. *Journal on Teacher Education*, 3(3), 354–364.
- Rahayu, R., Iskandar, S., & Abidin, Y. (2022). Inovasi Pembelajaran Abad 21 dan Penerapannya di Indonesia. *Jurnal Basicedu*, 6(2), 2099–2104. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i2.2082>
- Rahardja, U., Aini, Q., & Manongga, D. (2023). Implementation of Tensor Flow in Air Quality Monitoring Based on Artificial Intelligence. *International Journal of Artificial Intelligence Research*, 6(1).
- Rahardja, U., Aini, Q., & Santoso, N. P. L. (2021). Smart Digital Signature berbasis Blockchain pada Pendidikan Tinggi menggunakan Metode SWOT. *ADI Bisnis Digital Interdisiplin Jurnal*, 2(1), 39–47.
- Rahardja, U., & Aini, Q. (2022). Security Level Significance in DApps Blockchain-Based Document Authentication. *Aptisi Transactions on Technopreneurship*, 4(3), 292–305.
- Rambe, L. H., Malau, L., Manurung, M. E. R., Lubis, N. A., & Denti, W. K. (2023). Literasi Matematika sebagai Kompetensi Utama di Abad 21 dan Implikasinya pada Pendidikan di Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 1(1), 10. <https://doi.org/10.47134/pgsd.v1i1.109>
- Ramadhan, S., Prubaningrum, M., Raudyathauzahra, & Setyaningrum, W. (2023). Penggunaan Teknologi untuk Mengembangkan Literasi Matematika Peserta Didik pada Kurikulum Merdeka. *Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 12(3), 3231–3245. <https://ojs.fkip.ummetro.ac.id/index.php/matematika/article/view/7526/pdf>
- Ray, P. P., Dash, D., Salah, K., & Kumar, N. (2020). Blockchain for IoT-Based Healthcare: Background, Consensus, Platforms, and Use Cases. *IEEE Systems Journal*, 15(1), 85–94.
- Sakti, A. (2023). Meningkatkan Pembelajaran Melalui Teknologi Digital. *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik (JUPRIT)*, 2(2), 212–219. <https://doi.org/10.55606/juprit.v2i2.2025>
- Selamat, I. N. (2021). Keterampilan Abad Ke-21 pada Pembelajaran Sains Dengan Konteks Socio-Scientific Issues di Indonesia: Tinjauan Literatur Sistematis. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran IPA Indonesia*, 11(2).
- Stigberg, H., Stigberg, S., & Maugesten, M. (2024). Introducing teacher students to digital fabrication to support children’s mathematical learning. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 40.
- Sun, L., Shang, Z., Xia, Y., Bhowmick, S., & Nagarajaiah, S. (2020). Review of Bridge Structural Health Monitoring Aided by Big Data and Artificial Intelligence. *Journal of Structural Engineering*, 146(5), 04020073.
- Susanta, A., Susanto, E., Rusnilawati, Sumardi, H., & Ali, S. R. B. (2025). Literacy skills through the use of digital STEAM-inquiry learning modules: A comparative study of urban and rural elementary schools in Indonesia. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(4), 1–18. <https://doi.org/10.29333/ejmste/16170>
- Tantangan, I. D. A. N. (2024). Tinjauan literatur sistematis tentang berpikir komputasional dalam pendidikan matematika: 1 Indiana. 5(4).
- Tondeur, J., Howard, S., Van Zanten, M., Gorissen, P., Van der Neut, I., Uerz, D., & Kral, M. (2023). The HeDiCom framework: Higher Education teachers’ digital competencies for the future. *Educational Technology Research and Development*, 71(1), 33–53.
- Triandini, E., Jayanatha, S., Indrawan, A., Putra, G. W., & Iswara, B. (2019). Metode systematic literature review untuk identifikasi platform dan metode pengembangan sistem informasi di Indonesia. 1(2).
- Wahyuni, A. U. (2025). Teknologi Digital dalam Pembelajaran Matematika: Tinjauan Bibliometrik terhadap Dampaknya pada Pemahaman Konsep Matematis Siswa.
- Yuliana, & Fembriani. (2022). Literature Review: Mathematical Literacy using PMRI in Elementary School. *SHEs: Conference Series*, 5(2), 252–258. <https://jurnal.uns.ac.id/shes>
- Yusup, F., Studi, P., Biologi, T., Islam, U., & Antasari, N. (2018). Uji validitas dan reliabilitas. 7(1), 17–23.
- Yusuf, M., Julianingsih, D., & Ramadhani, T. (2023). Transformasi Pendidikan Digital 5.0 melalui Integrasi Inovasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. *Jurnal Mentari*, 2(1), 11–19. <https://doi.org/10.34306/mentari.v2i1.328>