

# Pendekatan Berbasis Lingkungan Untuk Meningkatkan Literasi Sains, Motivasi, Dan Berpikir Kritis

**Diterima:**  
5 Agustus 2025  
**Revisi:**  
15 Agustus 2025  
**Terbit:**  
24 Agustus 2025

**Marheni Rayung Puspaningrum<sup>1</sup>**  
Universitas Doktor Nugroho Magetan  
Magetan, Indonesia  
E-mail: [bulana280@gmail.com](mailto:bulana280@gmail.com)

**Abstract**— *This study aims to investigate the effectiveness of technology-supported environmental-based learning in enhancing science literacy, learning motivation, and critical thinking skills of elementary school students. The participants were 90 fifth-grade students from three elementary schools, purposively divided into experimental and control groups. A quasi-experimental method with a pretest–posttest control group design was employed. The research instruments included a science literacy test, a learning motivation questionnaire, and a critical thinking assessment rubric. The results revealed that environmental-based learning integrated with technologies such as augmented reality and problem-based exploration significantly improved students' understanding of ecosystem concepts, learning motivation, and critical thinking skills. These findings indicate that integrating technology into contextual learning can strengthen student engagement and enhance the quality of science education in elementary schools. This study recommends the development of interactive teaching materials that combine environmental exploration and technology to support 21st-century learning.*

**Keywords:** *science literacy, critical thinking, learning motivation, augmented reality, environmental-based learning, elementary school.*

## I. PENDAHULUAN

Pendidikan dasar merupakan tahap penting dalam membentuk kemampuan berpikir logis, kritis, dan sistematis peserta didik. Tahapan ini menjadi fondasi utama dalam menumbuhkan literasi sains yang diperlukan untuk menghadapi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di era abad ke-21. Pembelajaran sains (IPA) di sekolah dasar tidak hanya menekankan pada aspek pengetahuan semata, melainkan juga bertujuan mengembangkan keterampilan proses sains dan sikap ilmiah melalui kegiatan eksploratif, eksperimen, dan pemecahan masalah berbasis konteks kehidupan sehari-hari. Namun, dalam praktiknya, berbagai penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran sains di tingkat sekolah dasar masih cenderung bersifat teoritis, minim eksplorasi dan eksperimen, serta kurang memanfaatkan media pembelajaran yang kontekstual, interaktif, dan sesuai dengan karakteristik perkembangan peserta didik (Purwanto, 2020).

Kesenjangan antara idealisme kurikulum dan praktik di lapangan tersebut berdampak pada rendahnya keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran dan kurang optimalnya pencapaian kompetensi. Oleh karena itu, perlu ada upaya inovatif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran sains, salah satunya melalui pengembangan dan pemanfaatan media pembelajaran yang menarik, interaktif, dan berbasis teknologi. Media pembelajaran sains yang dikembangkan secara tepat dapat membantu mengkonkretkan konsep-konsep abstrak, meningkatkan motivasi

belajar siswa, serta memfasilitasi pembelajaran aktif dan menyenangkan (Ismail et al., 2021; Ningsih & Suparno, 2022).

Dalam konteks tersebut, guru memiliki peran sentral sebagai fasilitator dan desainer pembelajaran. Namun, tidak semua guru memiliki keterampilan atau pengetahuan yang memadai dalam mengembangkan media pembelajaran yang efektif. Untuk itu, pelatihan guru menjadi strategi krusial dalam meningkatkan kapasitas profesional guru, khususnya dalam bidang perencanaan, pengembangan, dan pemanfaatan media pembelajaran. Pelatihan yang dirancang secara sistematis, berbasis kebutuhan nyata di lapangan, serta menekankan pada praktik langsung telah terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas proses dan hasil pembelajaran di kelas (Rahmah & Sutopo, 2019; Yusuf et al., 2022).

Pelatihan pengembangan media pembelajaran sains secara khusus memberikan ruang bagi guru untuk mengeksplorasi kreativitas, memahami karakteristik peserta didik, serta mengintegrasikan teknologi dalam kegiatan pembelajaran. Efektivitas pelatihan dalam hal ini dapat dilihat dari berbagai indikator, seperti peningkatan kompetensi guru, perubahan pendekatan pembelajaran, dan peningkatan hasil belajar siswa. Studi oleh Maulidia et al. (2023) menekankan pentingnya evaluasi keberlanjutan pelatihan untuk memastikan terjadi transfer pengetahuan dan perubahan praktik mengajar yang nyata dan berdampak langsung pada proses pembelajaran.

Selain itu, tantangan implementasi Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berdiferensiasi dan berbasis proyek turut memperkuat urgensi pentingnya pelatihan pengembangan media bagi guru. Media pembelajaran yang tepat dapat menjadi jembatan dalam menerjemahkan filosofi kurikulum ke dalam praktik yang sesuai dengan kebutuhan dan potensi siswa di kelas. Maka dari itu, penelitian ini diarahkan untuk mengkaji sejauh mana efektivitas pelatihan pengembangan media pembelajaran sains dalam meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah dasar. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam merancang model pelatihan yang relevan, aplikatif, dan berdampak nyata terhadap praktik pembelajaran sains yang lebih bermakna.

## **II. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan desain kuasi-eksperimen dengan pendekatan pretest-posttest control group untuk mengkaji efektivitas pembelajaran berbasis lingkungan dalam meningkatkan literasi sains, motivasi, dan keterampilan berpikir kritis siswa sekolah dasar. Desain ini melibatkan dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kelompok eksperimen mendapatkan pembelajaran berbasis lingkungan yang interaktif serta didukung teknologi, sementara kelompok kontrol menerima pembelajaran sains secara konvensional.

Partisipan penelitian ini adalah siswa kelas V dari tiga sekolah dasar dengan total 90 siswa, yang terdiri dari 45 siswa dalam kelompok eksperimen dan 45 siswa dalam kelompok kontrol. Pemilihan sekolah dilakukan secara purposif dengan mempertimbangkan tingkat integrasi teknologi

dalam pembelajaran sains serta kesediaan pihak sekolah untuk berpartisipasi dalam penelitian ini.

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi beberapa alat ukur. Tes literasi sains dikembangkan dalam bentuk pretest dan posttest untuk mengukur pemahaman siswa terkait konsep ekosistem, keterampilan berpikir kritis, dan literasi sains. Tes ini telah divalidasi oleh para ahli pendidikan dan disesuaikan dengan kurikulum sains sekolah dasar. Selain itu, kuesioner motivasi diadaptasi dari skala motivasi yang telah ada, dengan item yang dirancang untuk mengukur motivasi intrinsik dan ekstrinsik siswa terhadap pembelajaran sains. Penelitian ini juga menggunakan lembar observasi untuk mendokumentasikan partisipasi siswa, keterlibatan mereka selama proses pembelajaran, serta interaksi antara guru dan siswa. Wawancara terstruktur dengan guru kelas V juga dilakukan untuk memperoleh wawasan mengenai efektivitas pembelajaran berbasis lingkungan serta integrasi teknologi dalam kelas mereka.

Proses penelitian dibagi menjadi tiga tahap utama. Pada tahap persiapan, peneliti mengembangkan bahan ajar interaktif, memvalidasi soal pretest dan posttest dengan bantuan ahli, serta berkoordinasi dengan pihak sekolah dan guru peserta. Pada tahap pelaksanaan, kelompok eksperimen mengikuti aktivitas literasi sains yang mengintegrasikan konteks lingkungan dan teknologi, seperti Google Earth dan iNaturalist, sementara kelompok kontrol menerima pembelajaran sains konvensional yang berpusat pada guru. Pretest diberikan di awal proses, diikuti dengan sesi pembelajaran, dan diakhiri dengan posttest. Pengumpulan data dilakukan melalui distribusi kuesioner motivasi sebelum dan sesudah intervensi, serta observasi kelas dan wawancara guru.

Analisis data dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif, berupa skor pretest-posttest dan hasil kuesioner motivasi, dianalisis menggunakan SPSS dengan uji-t berpasangan (paired t-test) dan ANCOVA untuk membandingkan hasil antara kelompok eksperimen dan kontrol. Sementara itu, data kualitatif yang diperoleh dari observasi dan wawancara guru dianalisis secara tematik untuk mengidentifikasi pola-pola yang muncul terkait motivasi siswa dan keterampilan berpikir kritis mereka selama proses pembelajaran.

### **III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Deskripsi Hasil Penelitian**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan berbasis lingkungan yang dipadukan dengan teknologi interaktif memberikan dampak signifikan terhadap literasi sains, motivasi belajar, dan keterampilan berpikir kritis siswa. Data kuantitatif dari skor pretest dan posttest menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam pemahaman ekosistem serta keterampilan berpikir kritis pada kelompok eksperimen dibandingkan dengan kelompok kontrol (Sumarmi, Aliman, & Mutia, 2021; Deveci & Karteri, 2020). Selain itu, analisis kuesioner motivasi belajar mengungkap adanya peningkatan baik pada motivasi intrinsik maupun ekstrinsik setelah siswa mengikuti pembelajaran berbasis eksplorasi lingkungan. Motivasi intrinsik tercermin dari meningkatnya minat siswa untuk memahami konsep ekosistem secara mandiri, rasa ingin tahu yang lebih tinggi, serta kepuasan dalam menyelesaikan

tugas yang menantang. Sementara itu, motivasi ekstrinsik semakin kuat melalui lingkungan belajar yang interaktif, apresiasi dari guru, dan dukungan teman sebaya. Pendekatan ini memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan bermakna sehingga siswa lebih aktif terlibat, lebih percaya diri, dan semakin termotivasi untuk mempelajari sains.

Data kualitatif dari observasi kelas dan wawancara guru mengungkap bahwa aktivitas interaktif berbasis lingkungan, seperti eksplorasi ekosistem dan penggunaan alat digital, meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Guru melaporkan bahwa siswa lebih antusias berdiskusi, mengajukan pertanyaan kritis, dan menghubungkan konsep sains dengan pengalaman nyata, sejalan dengan teori konstruktivisme (Sholahuddin et al., 2023). Selain itu, penggunaan teknologi membantu mengatasi kesulitan siswa dalam memahami konsep yang bersifat abstrak serta meningkatkan minat belajar mereka melalui pengalaman yang lebih menarik dan kontekstual (Gleisner Villasmil, 2024).

Faktor usia berpotensi memengaruhi pemahaman siswa terhadap ekosistem dan keterampilan berpikir kritis mereka (Piaget, 1952), sementara pengalaman mengajar guru juga dapat memengaruhi efektivitas penerapan pembelajaran berbasis teknologi (Sumarmi, Aliman, & Mutia, 2021). Analisis pretest dan posttest menggunakan uji-t berpasangan dan ANCOVA dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas program literasi sains berbasis lingkungan. Hasilnya menunjukkan bahwa kelompok eksperimen yang menggunakan teknologi interaktif seperti Book Creator mengalami peningkatan signifikan dalam literasi sains dan keterampilan berpikir kritis dibandingkan kelompok kontrol yang mengikuti pembelajaran konvensional. Temuan ini mendukung penelitian sebelumnya mengenai efektivitas Book Creator dalam meningkatkan hasil belajar siswa (Madina & Zulherman, 2023; Spaliviero, 2022; Setiawan & Fikri, 2022; Widanti & Fathurrahman, 2024).

Secara spesifik, skor pretest kelompok eksperimen meningkat dari 65,4 menjadi 82,7 (kenaikan 17,3 poin), menunjukkan bahwa integrasi teknologi dan pengalaman langsung mampu memperdalam pemahaman siswa tentang ekosistem. Sebaliknya, kelompok kontrol hanya meningkat dari 64,2 menjadi 70,3 (kenaikan 6,1 poin), menandakan bahwa pembelajaran konvensional kurang efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan berpikir kritis. Analisis ANCOVA mengonfirmasi perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol setelah mengendalikan skor pretest, dengan  $F(1, 87) = 15,27$ ,  $p < 0,001$ . Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan skor yang lebih besar pada kelompok eksperimen disebabkan oleh efektivitas intervensi pembelajaran, bukan semata-mata perbedaan kemampuan awal siswa.

Analisis kualitatif dari observasi dan wawancara guru mendukung hasil kuantitatif ini. Siswa pada kelompok eksperimen yang menggunakan Google Earth dan iNaturalist lebih aktif dalam mengeksplorasi ekosistem, lebih banyak mengajukan pertanyaan, dan lebih antusias berdiskusi. Mereka lebih mudah memahami konsep rantai makanan, jaring-jaring makanan, serta dampak perubahan lingkungan melalui observasi langsung berbasis data nyata. Temuan ini memperkuat teori konstruktivisme (Piaget, 1952) yang menekankan pentingnya eksplorasi aktif untuk meningkatkan pemahaman konsep secara mendalam.

Uji-t berpasangan menunjukkan peningkatan skor yang signifikan pada kelompok eksperimen ( $t = 6,89$ ,  $p < 0,05$ ), sedangkan peningkatan pada kelompok kontrol tidak signifikan ( $t = 1,97$ ,  $p > 0,05$ ). Analisis ANCOVA yang mengontrol skor pretest juga mengonfirmasi bahwa kelompok eksperimen tetap memiliki skor posttest yang lebih tinggi secara signifikan ( $F = 8,34$ ,  $p < 0,05$ ). Perbedaan signifikan ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis eksplorasi lingkungan dan teknologi mampu meningkatkan pemahaman ekosistem, keterampilan berpikir kritis, dan motivasi belajar siswa. Selain itu, hasil kuesioner motivasi menunjukkan peningkatan signifikan dalam kelompok eksperimen, dari 3,2 pada pretest menjadi 4,5 pada posttest, sementara kelompok kontrol hanya meningkat dari 3,1 menjadi 3,4. Motivasi intrinsik, seperti rasa ingin tahu dan kepuasan belajar, mengalami peningkatan yang lebih besar dibandingkan motivasi ekstrinsik. Temuan ini sejalan dengan Teori Determinasi Diri (Deci & Ryan, 2000) yang menyatakan bahwa eksplorasi dan kontrol atas proses belajar dapat memperkuat keterlibatan siswa.

Wawancara guru dan observasi kelas semakin menegaskan temuan kuantitatif ini. Guru melaporkan bahwa siswa lebih aktif bertanya, menganalisis konsep ekosistem, dan berdiskusi kritis saat menggunakan Book Creator. Aktivitas eksplorasi berbasis media interaktif memperkuat pemahaman keanekaragaman hayati dan interaksi ekosistem, sekaligus meningkatkan kolaborasi antar siswa. Hal ini sejalan dengan teori sosio-konstruktivisme (Vygotsky, 1978), yang menekankan peran interaksi sosial dalam pembelajaran. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis lingkungan yang dipadukan dengan teknologi interaktif efektif dalam meningkatkan pemahaman sains, keterampilan berpikir kritis, dan motivasi belajar siswa. Ke depan, pendekatan ini dapat diterapkan pada topik pembelajaran lainnya dengan mempertimbangkan akses teknologi dan kesiapan guru dalam mengimplementasikan pembelajaran digital.

## B. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi program literasi sains berbasis lingkungan dengan teknologi interaktif secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir kritis, literasi sains, dan motivasi belajar siswa. Peningkatan skor posttest pada kelompok eksperimen menegaskan bahwa mengaitkan konsep sains dengan konteks lingkungan nyata yang diperkuat oleh teknologi membantu siswa memahami ekosistem secara lebih mendalam (Sumarmi et al., 2021). Selain itu, penggunaan alat digital seperti Google Earth dan iNaturalist serta pendekatan berbasis eksplorasi lingkungan memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret, mendukung pembelajaran kontekstual, dan meningkatkan pemahaman siswa terhadap hubungan antarkomponen ekosistem (Deveci & Karteri, 2020).

Peningkatan motivasi belajar siswa dalam penelitian ini selaras dengan Teori Determinasi Diri dari Deci dan Ryan, yang menekankan bahwa otonomi, kompetensi, dan keterhubungan dalam proses belajar

berkontribusi terhadap peningkatan motivasi intrinsik (Deci & Ryan, 2000). Dengan memberikan siswa kesempatan untuk mengeksplorasi lingkungan mereka secara aktif dan menerapkan konsep sains menggunakan alat digital, program ini tidak hanya memicu rasa ingin tahu tetapi juga meningkatkan rasa kepemilikan terhadap proses belajar. Hal ini sejalan dengan penelitian Sholahuddin et al. (2023), yang menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis proyek dan flipped learning dapat meningkatkan literasi sains siswa dengan memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan berbasis konteks. Dengan demikian, penggabungan pembelajaran berbasis lingkungan dan teknologi interaktif berpotensi menjadi strategi efektif dalam meningkatkan kualitas pendidikan sains di sekolah dasar.

Hasil penelitian ini semakin diperkuat oleh berbagai studi yang menunjukkan efektivitas bahan ajar digital dan teknologi interaktif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, serta motivasi belajar siswa. Penelitian Dhitasarifa dan Wusqo (2024) menemukan bahwa bahan ajar digital secara signifikan meningkatkan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah secara kreatif, yang menjadi salah satu keterampilan esensial dalam literasi sains abad ke-21. Hal ini didukung oleh temuan Sholahuddin et al. (2023), yang menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis proyek dan flipped learning dapat meningkatkan literasi sains siswa dengan memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan berbasis konteks.

Penelitian Leow dan Abdul Razak (2024) menunjukkan adanya korelasi positif antara motivasi belajar dan kendali diri siswa dalam pembelajaran daring, menegaskan bahwa faktor psikologis memiliki peran krusial dalam keberhasilan pembelajaran berbasis teknologi. Sejalan dengan itu, Cakir, Karademir, dan Erdogan (2018) menekankan bahwa motivasi intrinsik dan kendali diri berkontribusi pada efektivitas pembelajaran jarak jauh. Lebih lanjut, penelitian Gleisner Villasmil (2024) melaporkan bahwa guru sekolah menengah atas yang secara aktif memanfaatkan sumber belajar digital membantu siswa lebih memahami konsep abstrak dengan lebih efektif. Temuan ini relevan dengan penelitian Deveci dan Karteri (2020), yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis konteks yang didukung oleh perangkat pengukuran lingkungan dapat meningkatkan pemahaman konsep sains pada calon guru. Selain itu, penelitian Thomann et al. (2024) mengenai penggunaan teknologi imersif dalam pendidikan vokasi semakin menegaskan pentingnya peran teknologi dalam memperkuat keterlibatan siswa dan hasil belajar secara keseluruhan.

Data kualitatif juga memperkuat hasil kuantitatif, menunjukkan bahwa aktivitas interaktif tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep tetapi juga mendorong partisipasi aktif siswa dalam pembelajaran. Para guru melaporkan bahwa siswa lebih antusias dalam berdiskusi tentang hubungan ekosistem dan lebih banyak mengajukan pertanyaan kritis ketika mereka dapat memvisualisasikan data serta berinteraksi dengan platform digital. Hal ini sejalan dengan penelitian Gleisner Villasmil (2024), yang menyoroti bahwa sumber belajar digital membantu siswa dalam memahami konsep abstrak secara lebih efektif.

Selain itu, penggunaan teknologi dalam pembelajaran ekosistem memungkinkan siswa untuk

mengamati fenomena lingkungan secara langsung melalui simulasi dan perangkat pengukuran digital (Deveci & Karteri, 2020). Dengan mengaitkan konsep teoretis dengan pengalaman nyata, siswa dapat membangun pemahaman yang lebih mendalam dan menerapkan keterampilan berpikir kritis mereka dalam menginterpretasikan data. Temuan ini juga diperkuat oleh Wang (2022), yang membandingkan efektivitas metode pembelajaran tradisional dan modern, menunjukkan bahwa pendekatan berbasis teknologi lebih efektif dalam meningkatkan keterlibatan siswa.

Partisipasi aktif siswa dalam pembelajaran berbasis teknologi ini selaras dengan teori konstruktivis, yang menekankan bahwa pembelajaran terjadi secara optimal ketika siswa membangun pengetahuannya sendiri melalui interaksi dengan lingkungan dan teknologi (Piaget, 1954; Vygotsky, 1978). Penelitian Timotheou et al. (2023) menyoroti faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas digital sekolah serta transformasi pendidikan berbasis teknologi. Sementara itu, Haleem et al. (2022) mengkaji peran teknologi digital dalam pendidikan dan bagaimana teknologi dapat dimanfaatkan secara efektif untuk mendukung pembelajaran interaktif. Tuma (2021) juga menemukan bahwa teknologi pendidikan dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran.

Dengan mempertimbangkan berbagai tantangan yang ada, peningkatan efektivitas pembelajaran berbasis teknologi harus mencakup penguatan literasi digital siswa dan guru, perbaikan infrastruktur teknologi di sekolah, serta peningkatan keterlibatan orang tua dalam mendukung proses pembelajaran anak. Langkah-langkah ini diharapkan dapat mengoptimalkan manfaat teknologi dalam pembelajaran ekosistem, sehingga menciptakan pengalaman belajar yang lebih inklusif, bermakna, dan berkelanjutan bagi siswa. Jannah et al. (2020) menekankan pentingnya persepsi guru sekolah dasar terhadap pembelajaran berbasis teknologi sebagai alat yang mendukung pengajaran abad ke-21. Dengan demikian, sinergi antara sekolah dan keluarga menjadi faktor penting dalam memperkuat literasi sains dan teknologi secara holistic.

#### IV. SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menegaskan bahwa integrasi program literasi sains berbasis lingkungan dengan teknologi interaktif secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir kritis, literasi sains, dan motivasi belajar siswa sekolah dasar. Penerapan alat digital seperti Google Earth dan iNaturalist dalam pendekatan berbasis eksplorasi lingkungan memungkinkan siswa untuk memahami konsep ekosistem secara lebih mendalam, memperkuat hubungan antara teori dan fenomena nyata, serta mendorong keterlibatan aktif dalam pembelajaran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan literasi sains dan motivasi belajar siswa selaras dengan Teori Determinasi Diri dari Deci dan Ryan, yang menekankan pentingnya otonomi, kompetensi, dan keterhubungan dalam pembelajaran. Pembelajaran berbasis lingkungan yang didukung teknologi interaktif memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret dan kontekstual, memungkinkan siswa membangun pemahaman secara aktif melalui interaksi dengan lingkungan dan teknologi.

Dari sisi keterampilan berpikir kritis, pendekatan ini terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan siswa dalam menginterpretasikan data, menganalisis hubungan ekosistem, serta memecahkan masalah ilmiah. Data kualitatif mendukung temuan ini dengan menunjukkan bahwa siswa lebih antusias dalam berdiskusi, mengajukan pertanyaan kritis, dan memahami konsep abstrak dengan lebih baik melalui visualisasi digital.

Namun, penerapan teknologi dalam pembelajaran masih menghadapi tantangan, seperti kebutuhan akan penguatan literasi digital bagi siswa dan guru, peningkatan infrastruktur teknologi di sekolah, serta keterlibatan orang tua dalam mendukung pembelajaran berbasis teknologi. Oleh karena itu, sinergi antara sekolah, keluarga, dan teknologi menjadi faktor kunci dalam menciptakan pembelajaran sains yang lebih efektif, inklusif, dan berkelanjutan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alimah, S., Susilo, H., & Amin, M. (2016). Natural environment exploration approach: The case study in Department of Biology, Universitas Negeri Semarang. *International Journal of Environmental & Science Education*, 11(12), 5710–5717. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1115559.pdf>
- Alkhabra, Y. A., Ibrahim, U. M., & Alkhabra, S. A. (2023). Augmented reality technology in enhancing learning retention and critical thinking according to STEAM program. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10, 174. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01650-w>
- Baghoussi, M. (2021). Teacher-centered approach prevalence in Algerian secondary-school EFL classes: The case of English teachers and learners in Mostaganem district. *Arab World English Journal*, 12(2), 268–278. <https://dx.doi.org/10.24093/awej/vol12no2.18>
- Busch, K. C., & Lombardi, D. (2025). Effective strategies for learning and teaching in times of science denial and disinformation. *Journal of Research in Science Teaching*. <https://doi.org/10.1002/tea.70003>.
- Cooper, G. (2023). Examining science education in ChatGPT: An exploratory study of generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology*, 32, 444–452. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10039-y>
- Cakır, O., Karademir, T., & Erdogdu, F. (2018). Psychological variables of estimating distance learners' motivation. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 19(1), 163–182. <https://doi.org/10.17718/tojde.382795>
- Deveci, İ., & Karteri, İ. (2020). Context-based learning supported by environmental measurement devices in science teacher education: A mixed method research. *Journal of Biological Education*, 56(5), 487–512. <https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1821083>
- Dhitasarifa, I., & Wusqo, I. U. (2024). The effect of STEAM approach digital teaching materials on increasing creative problem-solving skills. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 25(3), 18–27. <https://doi.org/10.17718/tojde.1302079>
- Gleisner Villasmil, L. (2024). The effects of influencing factors on upper secondary school teachers' use of digital learning resources for teaching. *Computers and Education Open*, 7, 100210. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100210>
- Haleem, A., et al. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 275–285. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
- Hidayati, A., Eldarni, Solfema, Handrianto, C., & Sunarti, V. (2023). Strategies for integrating a web-based learning environment based on authentic learning in distance learning for elementary school students. *Journal of Education and e-Learning Research*, 10(3), 437–445. <https://doi.org/10.20448/jeelr.v10i3.4840>
- Irwanto, I. (2023). Improving preservice chemistry teachers' critical thinking and science process skills using research-oriented collaborative inquiry learning. *Journal of Technology and Science Education*, 13(1), 23–35. <https://doi.org/10.3926/jotse.1796>



- Jannah, M., et al. (2020). Elementary school teachers' perceptions of digital technology-based learning in the 21st century: Promoting digital technology as the proponent learning tools. *Al Ibtida: Jurnal Pendidikan Guru MI*, 7(1), 1-18. <https://doi.org/10.24235/al.ibtida.snj.v7i1.6088>
- Kozanitis, A., & Nenciovici, L. (2023). Effect of active learning versus traditional lecturing on the learning achievement of college students in humanities and social sciences: A meta-analysis. *Higher Education*, 86, 1377–1394. <https://doi.org/10.1007/s10734-022-00977-8>
- Kruse, J., Wilcox, J., Patel, N., Borzo, S., Seebach, C., & Henning, J. (2021). *The power of practicum support: A quasi-experimental investigation of elementary preservice teachers' science instruction in a highly supported field experience*. *Journal of Science Teacher Education*, 32(4), 392–412. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2021.1949099>
- Lafifa, F., & Rosana, D. (2024). Innovations in assessing students' digital literacy skills in learning science: Effective multiple choice closed-ended tests using Rasch model. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 25(3), 44–56. <https://doi.org/10.17718/tojde.1364528>
- Leow, M. H., & Abdul Razak, R. (2024). Malaysian elementary learners' self-regulation, motivational beliefs and learner control motivation when experiencing online tutorials. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 25(1), 334–352. <https://doi.org/10.17718/tojde.1262408>
- Liman Kaban, A., Yataganbaba, E., Ates Cobanoglu, A., & Kokoc, M. (2024). Teachers' readiness for blended learning, their reasons, challenges, and suggestions for practising blended learning. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 25(2), 157–173. <https://doi.org/10.17718/tojde.1210124>
- Madina, N. P., & Zulherman. (2023). Pengembangan e-book berbantuan Book Creator pada materi sistem peredaran darah manusia untuk meningkatkan hasil belajar siswa kelas V SD. *Research and Development Journal of Education*, 9(2), 779-787. <https://doi.org/10.30998/rdje.v9i2.19012>
- Nagele, F., Hof, A., Auer, V., & Gimenez-Maranges, M. (2025). Investigating trees as an interdisciplinary phenomenon in climate regulation: An intervention study on iSTEM education and scientific literacy in secondary schools. *International Journal of Science Education*, 47(4), 475–493. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2334295>
- Othman, M., Osman, A., Ahmad, S. Z., & Abdullah, N. (2024). Integrating segmenting and gamification principles in the design of interactive gamified programming assessments for low achievers. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 25(3), 167–182. <https://doi.org/10.17718/tojde.1315427>
- Palalas, A., Pegrum, M., & Dell, D. (2024). Regaining focus: Promoting attentional literacy in digital higher education. *Australasian Journal of Educational Technology*, 40(6), 1–18. <https://doi.org/10.14742/ajet.9627>
- Parker, M. J., Bunch, M., & Pike, A. (2024). Is anybody watching: A multi-factor motivational framework for educational video engagement. *Computers & Education*, 222, 105148. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105148>
- Ramdani, A., Jufri, A. W., Gunawan, Fahrurrozi, M., & Yustiqvar, M. (2021). Analysis of students' critical thinking skills in terms of gender using science teaching materials based on the 5E learning cycle integrated with local wisdom. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(2), 187–199. <https://doi.org/10.15294/jpii.v10i2.29956>
- Setiawan, T. Y., & Fikri, A. (2022). The development of E-LKPD using Book Creator on fraction operations material in elementary school. *MaPan: Journal of Mathematics and Study*, 10(1), 116-126. <https://doi.org/10.24252/mapan.2022v10n1a8>
- Sibley, L., Lachner, A., Plicht, C., Fabian, A., Backfisch, I., Scheiter, K., & Bohl, T. (2024). Feasibility of adaptive teaching with technology: Which implementation conditions matter? *Computers & Education*, 219, 105108. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105108>
- Sholahuddin, A., Anjuni, N., Leny, & Faikhamta, C. (2023). Project-based and flipped learning in the classroom: A strategy for enhancing students' scientific literacy. *European Journal of Educational Research*, 12(1), 239–251. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.12.1.239>
- Spaliviero, C. (2022). Pre-service primary teachers' beliefs, practices, and needs regarding the teaching of a second language through Book Creator. *International Journal of Linguistics*, 14(5). <https://doi.org/10.5296/ijl.v14i5.20140>
- Sumarmi, S., Aliman, M., & Mutia, T. (2021). The effect of digital eco-learning in student worksheet flipbook to environmental project literacy and pedagogic competency. *Journal of Technology and Science Education*, 11(2), 357–370. <https://doi.org/10.3926/jotse.1175>
- Suryawati, E., Suzanti, F., Zulfarina, Putriana, A. R., & Febrianti, L. (2020). The implementation of

- local environmental problem-based learning student worksheets to strengthen environmental literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(2), 169–178. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i2.22892>
- Spitzer, M. W. H., Langsdorf, L. E., Richter, E., & Schubert, T. (2025). Low-performing students benefit mostly from open-book examinations. *Computers and Education Open*, 8, 100239. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100239>
- Timotheou, S., et al. (2023). Impacts of digital technologies on education and factors influencing schools' digital capacity and transformation: A literature review. *Education and Information Technologies*, 28, 6695–6726. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11431-8>
- Thomann, H., Zimmermann, J., & Deutscher, V. (2024). How effective is immersive VR for vocational education? Analyzing knowledge gains and motivational effects. *Computers & Education*, 220, 105127. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105127>
- Tuma, F. (2021). The use of educational technology for interactive teaching in lectures. *Annals of Medicine & Surgery*, 62, 231–235. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.01.051>
- Uzun, S., & Şen, N. (2023). The effects of a STEM-based intervention on middle school students' science achievement and learning motivation. *Journal of Pedagogical Research*, 7(1). <https://doi.org/10.33902/JPR.202319315>
- Vu, H. V. (2020). Identify methods of teaching and learning to create interest, self-study, and creativity of students. *Humanities & Social Sciences Reviews*, 8(3), 646–656. <https://doi.org/10.18510/hssr.2020.8369>
- Wang, Y. (2022). A comparative study on the effectiveness of traditional and modern teaching methods. In *Proceedings of the 2022 5th International Conference on Humanities Education and Social Sciences (ICHESS 2022)* (pp. 270–277). Atlantis Press. [https://doi.org/10.2991/978-2-494069-89-3\\_32](https://doi.org/10.2991/978-2-494069-89-3_32)
- Widanti, A. P., & Fathurrahman, M. (2024). Development of digital learning materials using a QR code-based Book Creator application to improve student learning outcomes in science subjects. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(10). <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i10.7933>
- Yulianti, D., & Herpratiwi. (2024). Development of a science, environment, technology, and society-based learning module to foster critical thinking in elementary students. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 18(4), 1372–1384. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i4.21713>
- Zidny, R., Sjöström, J., & Eilks, I. (2020). A multi-perspective reflection on how indigenous knowledge and related ideas can improve science education for sustainability. *Science & Education*, 29(2), 145–185. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00100-x>