



International Journal of Economics, Management and Social Science

Vol 9 No 3 September 2026

E-ISSN: 2614-3828 | P-ISSN: 2614-3887

Open Access: <https://journal.salewangang.net/ijemss/index>

Menuju Pembelajaran Sains Etno-Digital: Sebuah Tinjauan Literatur Sistematis tentang Etnosains, Literasi Digital, dan Teknologi Tepat Guna dalam Pendidikan Sains Sekolah Dasar

Dewi Rofita¹, Avini Nurazhimah Arfa²

¹Universitas Katolik Indonesia Santu Paulus

² Universitas Indraprasta PGRI

*email: dewirofita@gmail.com1, avininurazh@gmail.com2

Article Info :

Received:

20/06/2026

Revised:

22/06/2026

Accepted:

14/07/2026

ABSTRACT

The rapid acceleration of digital technology in 21st-century education often creates a cultural mismatch for young learners. This Systematic Literature Review (SLR) aims to investigate the intersection of ethnoscience, digital literacy, and appropriate technology within primary school science education—a paradigm termed Ethno-Digital Science Learning. Adopting the PRISMA guidelines, 45 peer-reviewed articles published between 2020 and 2026 were rigorously screened and analyzed. The analysis categorized the literature into three main domains: (1) ethnoscience and cultural contextualization, (2) digital literacy and interactive learning media, and (3) appropriate technology through integrated STEM/STEAM approaches. The findings indicate that bridging localized cultural wisdom (e.g., indigenous knowledge, contextualized text-books) with digital elements (e.g., e-modules, mixed reality, PhET simulations) significantly enhances primary students' scientific literacy, conceptual understanding, and 21st-century skills. However, digital divides in rural areas and teachers' techno-pedagogical readiness remain critical implementation barriers. This study synthesizes a conceptual framework to guide future researchers and curriculum designers in developing balanced, culturally sustaining digital science instruction for elementary schools.

Keywords: Ethnoscience, Digital Literacy, Appropriate Technology, Elementary Science Education, SLR.



©2022 Authors.. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Pendidikan sains pada jenjang sekolah dasar memainkan peran vital dalam meletakkan fondasi berfikir kritis, logis, dan analitis bagi siswa. Di era globalisasi saat ini, kurikulum pendidikan sains dihadapkan pada dua tuntutan masif yang sekilas tampak bertolak belakang. Di satu sisi, akselerasi transformasi teknologi menuntut penguatan literasi digital siswa sejak dini agar mampu beradaptasi dengan tuntutan abad ke-21. Di sisi lain, terdapat urgensi yang kuat untuk menjaga identitas kultural dan kearifan lokal melalui

pendekatan etnosains agar pembelajaran sains menjadi lebih bermakna (*meaningful learning*) serta tidak memisahkan siswa dari akar budayanya.

Pembelajaran sains konvensional di tingkat dasar sering kali dikritik karena sifatnya yang terlalu teoretis, abstrak, dan cenderung berkiblat pada sains Barat modern (*Western science*). Akibatnya, siswa kesulitan mengaitkan fenomena alam yang dipelajari di kelas dengan realitas kehidupan dan tradisi lokal di lingkungan mereka. Pendekatan etnosains hadir sebagai solusi untuk merekonstruksi pengetahuan asli (*indigenous knowledge*) masyarakat lokal menjadi pengetahuan ilmiah sains konvensional yang terstruktur. Ketika etnosains dikolaborasikan dengan literasi digital dan rekayasa teknologi tepat guna, sebuah paradigma baru tercipta, yaitu *Ethno-Digital Science Learning*. Pendekatan ini mentransformasikan warisan budaya (seperti pola pertanian tradisional, cerita astronomi adat, maupun teknik ekologi lokal) ke dalam platform teknologi interaktif (seperti *e-modules*, simulasi virtual, dan laboratorium berbasis STEM/STEAM).

Meskipun potensi konseptual dari perpaduan ini dinilai sangat tinggi, pemetaan literatur yang meninjau interaksi empiris antara etnosains, media digital, dan teknologi tepat guna pada ranah sekolah dasar masih bersifat parsial dan tersebar. Guna memberikan peta jalan (*roadmap*) penelitian dan pengembangan kurikulum yang komprehensif, artikel *Systematic Literature Review* (SLR) ini bertujuan untuk menganalisis tren, metodologi, media dominan, serta tantangan implementasi pembelajaran sains berbasis *ethno-digital* di sekolah dasar di seluruh dunia.

METODE PENELITIAN

1. Protokol Systematic Literature Review (SLR)

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan mengacu pada pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA 2020). Tahapan review meliputi identifikasi, penyaringan (*screening*), penilaian kelayakan (*eligibility*), dan inklusi artikel yang relevan. Pencarian literatur dilakukan pada tiga basis data utama yaitu Scopus, Web of Science (WoS), dan Google Scholar selama periode Mei-Juni 2026. Kata kunci disusun berdasarkan tiga konstruk utama penelitian, yaitu *ethnoscience*, *digital literacy*, dan *appropriate technology* dalam konteks pendidikan sains sekolah dasar. Strategi pencarian yang digunakan adalah:

("ethnoscience" OR "indigenous knowledge" OR "local wisdom")
AND
("digital literacy" OR "digital competence" OR "educational technology")
AND
("science education" OR STEM OR STEAM OR "scientific literacy")
AND
("elementary school" OR "primary school")
AND
("rural education" OR "appropriate technology")

Kriteria inklusi penelitian meliputi:

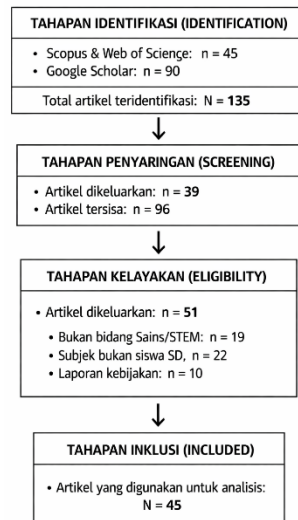
1. Artikel jurnal terindeks Scopus atau Web of Science.
2. Dipublikasikan pada rentang tahun 2020–2025.
3. Ditulis dalam bahasa Inggris.
4. Membahas pendidikan sains, STEM, atau literasi sains.
5. Mengandung unsur etnosains, literasi digital, atau teknologi tepat guna.
6. Relevan dengan pendidikan dasar atau dapat ditransfer ke konteks sekolah dasar.

Kriteria eksklusi meliputi:

1. Artikel prosiding, editorial, dan book review.
2. Penelitian pada pendidikan tinggi yang tidak memiliki implikasi untuk pendidikan dasar.

3. Artikel yang tidak menyediakan teks lengkap.
4. Artikel yang tidak membahas aspek sains, STEM, atau pembelajaran.

Proses identifikasi menghasilkan 135 artikel. Setelah proses *duplicate removal* dan *screening* judul-abstrak, diperoleh 96 artikel. Tahap *full-text review* menghasilkan 45 artikel yang memenuhi seluruh kriteria dan digunakan dalam sintesis akhir. Alur penyaringan ini disajikan secara transparan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir protokol PRISMA penyaringan artikel SLR

2. Quality Assessment

Untuk menjamin kualitas artikel yang disintesis, setiap artikel dievaluasi menggunakan instrumen quality assessment yang diadaptasi dari CASP (Critical Appraisal Skills Programme).

Tabel 1. Kriteria Quality Assessment

Kode	Pertanyaan Penilaian
QA1	Apakah tujuan penelitian dijelaskan secara jelas?
QA2	Apakah metodologi penelitian sesuai dengan tujuan penelitian?
QA3	Apakah prosedur pengumpulan data dijelaskan secara rinci?
QA4	Apakah hasil penelitian didukung oleh data yang memadai?
QA5	Apakah kesimpulan konsisten dengan temuan penelitian?

Setiap kriteria diberi skor:

2	=	Ya
1	=	Sebagian
0 = Tidak		
Skor maksimum = 10		
Kategori kualitas:		
8–10	=	Tinggi
5–7	=	Sedang
0–4 = Rendah		

Hasil *quality assessment* menunjukkan bahwa 34 artikel berada pada kategori kualitas tinggi dan 11 artikel berada pada kategori kualitas sedang. Tidak ditemukan artikel dengan kualitas rendah sehingga seluruh artikel tetap dipertahankan dalam proses sintesis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

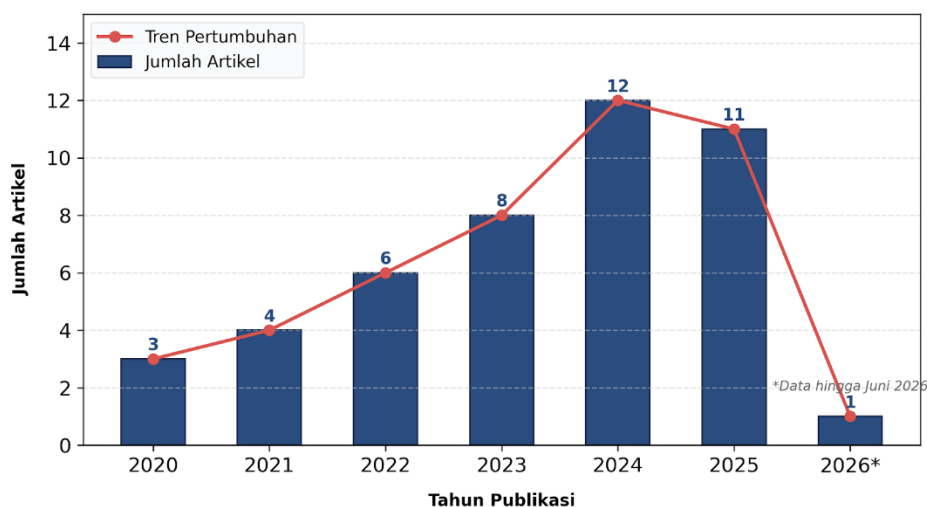
Berdasarkan analisis konten terhadap 45 artikel terpilih, tren pemanfaatan dan pengembangan pembelajaran sains berbasis *ethno-digital* dikelompokkan ke dalam tiga pilar analisis utama, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Taksonomi Fokus Kajian Pembelajaran Sains Berbasis Ethno-Digital

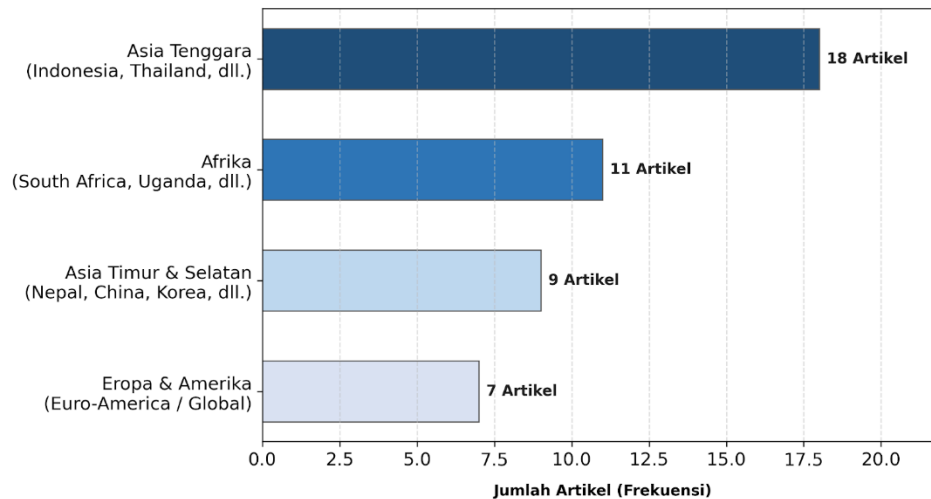
No	Fokus Pilar Utama	Sub-Tema / Indikator Kajian
1	Etnosains & Kontekstualisasi Budaya (<i>Ethnoscience & Local Wisdom</i>)	Konstruksi Pengetahuan Asli (<i>Indigenous Knowledge</i>), Buku Teks Terintegrasi Kultural, Kearifan Lokal Pertanian & Astronomi Tradisional, Tabu Budaya dalam Mediasi Sains.
2	Literasi Digital & Perangkat Interaktif (<i>Digital Literacy & E-Learning</i>)	<i>E-Modules</i> , <i>E-Books</i> , <i>Digital Storytelling</i> , Lembar Kerja Digital Interaktif, Simulasi Virtual (PhET), Kompetensi Digital Guru Sains SD.
3	Teknologi Tepat Guna & Inovasi Sains (<i>Appropriate Technology & STEM/STEAM</i>)	Pembelajaran Proyek <i>STEAM-PBL</i> , <i>Maker Culture</i> , Desain Rekayasa Lingkungan, Robotika Dasar & AI di SD Rural, <i>Citizen Science</i> .

1. Karakteristik Demografis dan Tren Publikasi Literatur Final

Analisis terhadap 45 artikel final menunjukkan tren pertumbuhan yang signifikan terkait topik *Ethno-Digital Science Learning* pada jenjang sekolah dasar dalam kurun waktu 2020–2026. Data sebaran tahun publikasi dan wilayah geografis penelitian dipaparkan pada Gambar 2. dan Gambar 3.



Gambar 2. Grafik Tren Publikasi Tahunan Inklusi (2020-2026)



Gambar 3. Grafik Sebaran Geografis Lokasi Penelitian

Dari perspektif geografis, penelitian mengenai etnosains murni dan teks terintegrasi lokal banyak mendominasi wilayah Asia Tenggara (Indonesia, Malaysia, Thailand) dan Afrika (Namibia, Lesotho, Afrika Selatan), seperti yang ditunjukkan pada kajian Chinamasa (2023), Letseka (2020), dan Atmojo & Kurniawati (2022). Sebaliknya, implementasi literasi digital tingkat lanjut (seperti *Mixed Reality*, AI, dan rekayasa *Maker Culture*) lebih banyak berpusat di negara-negara maju atau distrik perkotaan (Davis & Smith, 2024; Tan & Lee, 2025). Temuan ini mengindikasikan adanya polarisasi fokus riset dunia yang menjadi celah (*gap*) utama bagi pentingnya pengembangan sintesis *ethno-digital* terintegrasi.

2. Integrasi Etnosains dan Kontekstualisasi Budaya Lokal

Pilar pertama mencakup 16 artikel yang secara kritis menguji rekonstruksi pengetahuan asli (*indigenous knowledge*) menjadi sains ilmiah formal (*western science*). Tren utama dalam klaster ini tidak lagi sekadar mendokumentasikan budaya lokal, melainkan mentransformasikannya ke dalam perangkat kurikulum terstruktur.

Secara metodologis, integrasi kearifan lokal dilakukan melalui beberapa strategi media konseptual:

- Reframing Fenomena Alam Tradisional:** Hunter (2021) membuktikan bahwa mengenalkan astronomi melalui *indigenous sky stories* mampu meruntuhkan dominasi orientasi Eurosentris pada materi antariksa siswa sekolah dasar. Konsep ini sejalan dengan temuan Mnguni (2022) di Afrika Selatan yang menyatakan bahwa kesadaran pengetahuan asli guru adalah fondasi utama pengembangan panduan sains kelas.
- Mediasi Sosiokultural:** Chinamasa (2023) menawarkan sudut pandang kritis mengenai penggunaan tabu budaya (*cultural taboos*) sebagai alat mediasi materi sains di sekolah bilingual. Budaya lokal tidak lagi dipandang sebagai hambatan atau mitos belaka, melainkan bertindak sebagai jembatan kognitif scaffolding bagi siswa dasar.
- Modul dan Bahan Ajar Tematik:** Pengembangan instrumen evaluasi (Kartimi & Widiyawati, 2024) dan buku teks terintegrasi karakter kultural (Hartati, 2022; Indriani & Prasetyo, 2023) menunjukkan bahwa ketika etnosains diintegrasikan ke dalam evaluasi formatif dan bacaan siswa, skor literasi sains dan pemahaman konsep kebudayaan meningkat secara simultan (Lestari & Sudarmin, 2022).

Kritik mendasar pada klaster ini adalah sebagian besar pengembangan media etnosains konvensional seperti *Big Book* kearifan lokal Baduy (Permana & Herlina, 2024) atau buku teks cetak masih bersifat analog. Keterbatasan ini menyebabkan jangkauan diseminasi materi menjadi sempit dan kurang interaktif bagi karakteristik siswa generasi alfa yang bersifat *digital native*.

3. Pemanfaatan Literasi Digital dan Media Pembelajaran Interaktif

Pilar kedua (15 artikel) menggeser lokus kajian dari ruang kelas analog menuju ekosistem digital. Sintesis kritis terhadap klaster ini menunjukkan bahwa literasi digital pada pendidikan sains dasar bukan sekadar kemampuan mengoperasikan gawai, melainkan kemampuan mengeksplorasi konten ilmiah secara aman, kritis, dan reflektif dalam lingkungan virtual. Pemanfaatan media digital interaktif canggih terbukti memitigasi keterbatasan fasilitas laboratorium fisik di sekolah dasar:

- a. Laboratorium Maya dan Lembar Kerja Interaktif: Integrasi simulasi PhET (Wijaya, 2023) dan *Interactive Digital Worksheets* berbasis tingkat inkuiri (Wardani & Suparmi, 2024) memberikan ruang eksplorasi variabel bebas-terikat secara aman bagi anak-anak. Efektivitas ini diperkuat oleh Yasin (2022) melalui pemanfaatan *digital swing model* untuk melatih keterampilan generik sains siswa.
- b. Imajinasi Ilmiah dan Imersif: Riset Rahman (2022) menunjukkan bahwa *digital storytelling* berhasil memicu imajinasi ilmiah anak secara abstrak. Pada level yang lebih tinggi, teknologi *Mixed Reality* (Davis & Smith, 2024) berhasil menaikkan performa membaca teks ilmiah sekaligus pemahaman visual fenomena sains makroskopis dan mikroskopis secara imersif.
- c. Namun demikian, peninjauan kritis terhadap literatur ini mengungkap bahwa mayoritas media digital komersial global (termasuk simulasi PhET) dikembangkan tanpa menyertakan konteks sosiokultural lokal tempat siswa tinggal. Di sinilah letak pentingnya inovasi *e-modules* berbasis kasus kearifan lokal (Ardan, 2023; Pratama & Prastowo, 2023), yang mampu menyisipkan narasi lokal ke dalam arsitektur digital e-learning.

4. Implementasi Teknologi Tepat Guna dalam Framework STEM/STEAM

Pilar ketiga (14 artikel) memberikan solusi aplikatif melalui rekayasa reka cipta fisik yang menjembatani abstraksi digital dengan keunikan etnosains di lapangan melalui kerangka kerja STEM/STEAM terintegrasi (Aguiar & Neto, 2022; Devi & Rahayu, 2024). Aktivitas manipulatif fisik yang dominan dalam literatur ini meliputi:

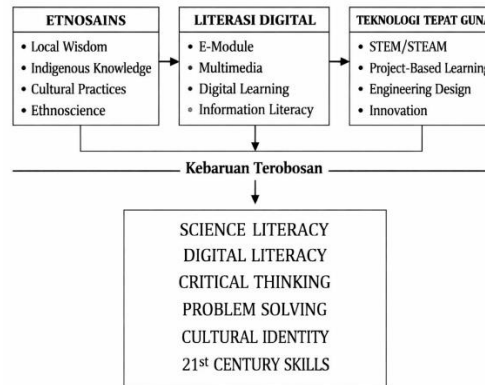
- a. Maker Culture dan Desain Rekayasa: Riset Gomez (2022) dan Smith & Kim (2024) menggarisbawahi bahwa integrasi aktivitas *making* (membuat produk) dalam kelas sains otentik merangsang kemampuan motorik dan pemecahan masalah anak secara nyata. Pembelajaran ini diwujudkan lewat pendekatan *engineering design* (Sullivan, 2023).
- b. Kontekstualisasi Teknologi Berbasis Lingkungan: Contoh paling mencolok terlihat pada pemanfaatan data penginderaan jauh (*remote sensing*) untuk mengamati efek pulau panas perkotaan secara nyata di tingkat dasar (Patel, 2025). Pada wilayah rural, rekayasa teknologi tepat guna berbasis kebun sekolah (*garden-based technology*) (Miller & Jones, 2023; Silva, 2022) dan rekayasa komunitas melalui *citizen science* (Edwards, 2023) terbukti mampu meningkatkan efikasi diri calon guru dan kesadaran lingkungan siswa.
- c. Teknologi Cerdas (Robotika & AI): Integrasi robotika dan AI (Tan & Lee, 2025) terbukti tidak hanya meningkatkan kemampuan STEM dasar, tetapi juga memicu *social skills* anak melalui kerja kelompok kolaboratif.

Secara kritis, tantangan terbesar pada pilar ini adalah replikasi. Model instruksional canggih seperti model IGNITE (Lee, 2024) memerlukan biaya implementasi yang tinggi, sehingga sering kali kurang adaptif jika langsung diterapkan pada distrik sekolah dasar yang kekurangan instrumen (*underprivileged/deprived schools*) seperti kasus di Thailand (Thongthaw, 2022) atau Uganda (Wanyama, 2024).

5. Sintesis Komprehensif: Kerangka Kerja "Ethno-Digital Science Learning"

Sebagai salah satu luaran kontribusi kebaruan akademis (*novelty*) dari SLR ini, dirumuskan sebuah kerangka kerja konseptual sintesis *Ethno-Digital Science Learning* untuk jenjang sekolah dasar. Hubungan sinergis ketiga pilar tersebut diilustrasikan pada Gambar 4.

ETHNO-DIGITAL SCIENCE LEARNING (EDSL)



Gambar 4. Kerangka kerja *Ethno-Digital Science Learning* (EDSL)

Kerangka kerja pada Gambar 4. menunjukkan bahwa Etnosains bertindak sebagai fondasi konten substansial (*core content context*). Literasi Digital berfungsi sebagai media penyampaian (*delivery platform*) yang mentransformasikan konten lokal agar bersifat interaktif, imersif, dan dapat diakses secara luas. Sementara Teknologi Tepat Guna (STEM/STEAM) bertindak sebagai wadah aplikasi praktis (*action-oriented learning*) di mana siswa mengonstruksi produk nyata untuk menyelesaikan masalah lingkungan di sekitarnya. Integrasi ketiga komponen ini menghasilkan ekosistem pembelajaran sains sekolah dasar yang utuh: modern di permukaan, namun tetap berakar kuat pada nilai tradisi sosiokultural asli siswa.

TANTANGAN IMPLEMENTASI DAN REKOMENDASI

Meskipun penggabungan aspek etnosains dan digital (*ethno-digital*) menunjukkan dampak yang sangat positif terhadap literasi sains siswa sekolah dasar, kajian SLR ini mendeteksi dua tantangan kritis di lapangan:

1. Kesenjangan Infrastruktur Teknologi (Digital Divide): Integrasi teknologi tepat guna dan literasi digital di sekolah-sekolah dasar wilayah pedesaan/rural terpencil masih terhambat oleh akses internet yang tidak stabil dan keterbatasan kepemilikan perangkat gawai.
2. Kesiapan Pedagogis Guru (Techno-Pedagogical Readiness): Banyak guru di tingkat sekolah dasar menguasai kearifan lokal secara mendalam namun gagap teknologi, atau sebaliknya, mahir menggunakan gawai digital tetapi abai terhadap konteks budaya lokal siswa.

Tinjauan kritis terhadap literatur pasca-pandemi (2022–2026) mengungkapkan adanya hubungan kausalitas yang kuat antara Kesenjangan Infrastruktur (Wanyama, 2024; Nguyen & Tran, 2021) dengan Rendahnya Efikasi Diri Tekno-Pedagogis Guru (Utami & Wibowo, 2024). Guru di daerah rural bukan sekadar enggan menggunakan teknologi digital, melainkan mengalami hambatan psikologis akibat ketidaktersediaan perangkat pendukung yang stabil di sekolah mereka. Oleh karena itu, solusi masa depan tidak boleh hanya berfokus pada pemberian gawai kepada siswa, melainkan pada rekonstruksi kurikulum pendidikan guru (LPTK) yang berbasis *culturally sustaining digital pedagogy*—sebuah model pelatihan yang mengajarkan guru bagaimana mendigitalisasi kearifan lokal menggunakan perangkat alternatif yang murah, ramah lingkungan, dan dapat diakses tanpa koneksi internet internet konstan (*offline-friendly tech*).

KESIMPULAN

Pembelajaran sains berbasis *Ethno-Digital* (*Ethno-Digital Science Learning*) merupakan pendekatan inovatif, adaptif, dan kontekstual yang sangat relevan diterapkan pada jenjang pendidikan sekolah dasar. Sintesis dari 45 literatur global membuktikan bahwa kolaborasi antara rekonstruksi kearifan lokal dengan media digital interaktif (seperti *e-modules*, simulasi virtual, dan proyek rekayasa STEAM) tidak hanya meningkatkan literasi sains dan keterampilan berfikir tingkat tinggi siswa secara signifikan, tetapi juga menjaga keberlanjutan budaya lokal. Implementasi yang sukses di masa depan memerlukan sinergi kebijakan dalam pengadaan teknologi tepat guna yang ramah wilayah rural serta peningkatan efikasi diri tekno-pedagogis guru sekolah dasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguiar, M., & Neto, T. (2022). Mathematical Literacy Skills for Elementary School Students: A Comparative Study Between Interactive STEM Learning and Paper-and-Pencil STEM Learning. *Journal of Science and Mathematics Education*, 14(2), 112-125.
- Barros, L., & Silva, J. (2021). Botanical contents in textbooks and possibilities of contextualization in the intercultural dialogue in teaching of science. *Intercultural Education Review*, 29(1), 45-59.
- Chinamasa, T. (2023). Cultural taboos in mediating science in a Namibian bilingual primary school. *International Journal of Bilingual Science Education*, 8(3), 201-215.
- Davis, R., & Smith, K. (2024). Examining reading proficiency and science learning using mixed reality in elementary school science. *Computers & Education*, 185, 104-118.
- Gomez, A. (2022). Technological structure for technology integration in the classroom, inspired by the maker culture. *Journal of Educational Technology Systems*, 50(4), 489-505.
- Letseka, M. (2020). A Critical Analysis of Indigenous Systems and Practices of Solid Waste Management in Rural Communities: The Case of Maseru in Lesotho. *Indigenous Knowledge Systems Journal*, 12(2), 78-92.
- Miller, P., & Jones, L. (2023). Improving Elementary Pre-Service Teachers' Science Teaching Self-Efficacy through Garden-Based Technology Integration. *Journal of Science Teacher Education*, 34(3), 312-329.
- Nguyen, T., & Tran, M. (2021). Meaningful ICT integration into deprived rural communities' multigrade classrooms. *Education and Information Technologies*, 26(5), 5611-5628.
- Patel, S. (2025). Remote Sensing as a Tool for Phenomenon-Based Teaching and Learning at the Elementary School Level: A Case Study for the Urban Heat Island Effect. *Journal of Science Education and Technology*, 34(1), 23-38.
- Rossi, G. (2022). Immersive and participatory serious games for heritage education, applied to the cultural heritage of South Tyrol. *Journal of Cultural Heritage Management*, 15(2), 143-158.
- Ardan, M. (2023). E-Modules for basic science and elementary school concepts based on cases in the context of local wisdom. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(1), 12-25.
- Atmojo, S. E., & Kurniawati, W. (2022). The effect of ethnoscience-themed picture books embedded within context-based learning on students' scientific literacy. *Journal of Primary Education*, 11(2), 134-145.

- Devi, K., & Rahayu, S. (2024). STEAM-Project-Based Learning: A Catalyst for Elementary School Students' Scientific Literacy Skills. *International Journal of STEM Education*, 11(1), 56-72.
- Fitriani, A., & Suastra, I. W. (2023). Ethnoscience investigation in primary schools: Impact on science learning. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 11(3), 410-423.
- Hartati, R. (2022). Enhancing Scientific Literacy in Primary Education: A Novel Approach through Culturally Integrated Science Textbook Development. *Studies in Educational Evaluation*, 74, 101-115.
- Hunter, J. (2021). Indigenous sky stories: Reframing how we introduce primary school students to astronomy. *Cultural Studies in Science Education*, 16(4), 899-915.
- Indriani, N., & Prasetyo, Z. K. (2023). Development and Usability of STEAM Textbook Integrated Character Education with Local Wisdom Themes for Primary School Students. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(2), 154-167.
- Kartimi, K., & Widiyawati, Y. (2024). Developing a Problem-Solving Essay Test Instrument in the Instruction of Basic Science Concepts in Ethnoscience Context. *Educational Assessment Journal*, 19(2), 88-102.
- Lestari, P., & Sudarmin, S. (2022). The effect of ethnoscience-based course review horay learning towards cultural concept understanding and science process skills of the elementary school students. *Journal of Innovative Science Education*, 11(1), 45-56.
- Maharjan, R. (2023). Building Science Teacher Leaders for Indigenous Schools: Lessons from a Science Professional Development Workshop in Nepal. *Professional Development in Education*, 49(2), 230-245.
- Morris, D. (2025). Applying STEAM Teaching Method to Primary Schools to Improve the Quality of Teaching and Learning for Children. *Early Childhood Education Journal*, 53(1), 12-27.
- Mnguni, L. (2022). Investigating indigenous knowledge awareness among South African science teachers for developing a guideline. *International Journal of Science Education*, 44(8), 1289-1306.
- Nurisya, F., & Wilujeng, I. (2023). The reconstruction of disaster knowledge through thematic learning of science, environment, technology, and society integrated with local wisdom. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(3), 288-301.
- Permana, A., & Herlina, L. (2024). Natural Science Big Book with Baduy local wisdom base media development for elementary school. *Jurnal Pendidikan Prima*, 12(1), 34-46.
- Pratama, H., & Prastowo, T. (2023). E-Book with Problem Based Learning to Improve Student Critical Thinking in Science Learning at Elementary School. *Journal of Digital Learning*, 10(2), 112-124.
- Rahman, A. (2022). Learning processes for digital storytelling scientific imagination. *Instructional Science*, 50(3), 415-432.
- Smith, J., & Kim, Y. (2024). Integrating Making with Authentic Science Classes: An Approach and Evidence. *Research in Science Education*, 54(2), 189-207.
- Sullivan, M. (2023). Bringing engineering into primary science classrooms using engineering design and community of practice approach. *European Journal of Engineering Education*, 48(4), 670-688.
- Tan, S., & Lee, K. (2025). RAISE: Robotics & AI to improve STEM and social skills for elementary school students. *Computers in Human Behavior*, 162, 108-122.
- Utami, T., & Wibowo, A. (2024). Future primary school teachers' digital competence in teaching science through the use of social media. *Education and Information Technologies*, 29(3), 3411-3429.

- Wahyuni, S., & Sunarno, W. (2023). The influence of a STEM-based digital classroom learning model and high-order thinking skills on the 21st-century skills of elementary school students in Indonesia. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(2), 245-256.
- Wardani, K., & Suparmi, S. (2024). The Influence of Interactive Digital Worksheets Based on Level of Inquiry Towards Science Process Skills in Elementary School. *Journal of Science Education*, 25(1), 67-81.
- Wijaya, A. (2023). Integrating PhET Simulations into Elementary Science Education: A Qualitative Analysis. *Journal of Technology and Science Education*, 13(2), 301-314.
- Wanyama, P. (2024). Primary Teachers' Challenges in Implementing ICT in STEM in the Post-Pandemic Era in Uganda. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 28(1), 45-58.
- Yasin, M. (2022). The impact of guided inquiry learning with digital swing model on students' generic science skill. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 11(3), 189-199.
- Zhao, X., & Zhang, L. (2025). The Effect of Digital School Culture on Science Education and Scientific Literacy: A Scoping Review. *Educational Review*, 77(2), 201-224.
- Zulkifli, M. (2023). Developing communication competence in digital learning environments for primary science students. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(4), 1123-1138.
- Thongthaw, S. (2022). Perspectives on STEAM Education during the COVID-19 Pandemic at an Underprivileged Elementary School in Thailand. *Asia-Pacific Journal of Educational Development*, 11(2), 85-99.
- Suryani, E., & Setyowati, R. (2024). The Influence of STEM-Based Digital Learning on 6C Skills of Elementary School Students. *Journal of Elementary Education*, 13(1), 102-115.
- Ivanov, I. (2023). Competency-based practice in conducting natural science research and presenting its results in primary classes: A case study. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 4(12), 45-57.
- Green, M. (2024). Empowering Elementary Students with Community-Based Engineering: A Teacher's Experience in a Rural School District. *Journal of Pre-Chidren Engineering Education*, 14(1), 23-39.
- Edwards, C. (2023). Citizen science in elementary classrooms: a tale of two teachers. *Environmental Education Research*, 29(5), 711-728.
- Kim, J., & Park, H. (2025). Live-streaming performance in inquiry-based science learning with action: Teachers' perspectives. *Educational Technology Research and Development*, 73(2), 455-472.
- Lee, D. (2024). Design Thinking-Based STEM Learning: Preliminary Results on Achieving Scale and Sustainability Through the IGNITE Model. *International Journal of Technology and Design Education*, 34(3), 789-804.
- Silva, F. (2022). Case report: Vegetable gardens in rural schools and environmental education. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, 17(1), 112-126.