

PENGEMBANGAN MODUL AJAR KONSEP TAKSONOMI TUMBUHAN MANGROVE UNTUK MATA KULIAH KEANEKARAGAMAN TUMBUHAN DI PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI UNIVERSITAS PAPUA

Ida Wati¹, Fitri Indah Komala², Sri Raspati³, Nana^{4*}

¹⁻⁴ Program Studi Pendidikan IPA, Program Pascasarjana, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia

* Email: nana@unsil.ac.id

Diterima: 25 April 2026

Direvisi: 17 Mei 2026

Publikasi: 22 Mei 2026

Abstract

Science learning in the era of Artificial Intelligence (AI) and data necessitates the development of students' data literacy as an essential 21st-century competency. However, students' data literacy remains underdeveloped, particularly in terms of data analysis and utilization in learning contexts. This study aims to examine students' data literacy profile in AI-, learning analytics-, and ethnoscience-based science learning. A descriptive quantitative approach was employed, involving eighth-grade junior high school students selected through purposive sampling. Data were collected using a Likert-scale questionnaire validated for reliability (Cronbach's Alpha = 0.871) and analyzed using descriptive statistics, including mean scores and categorical classification. The results indicate that students' data literacy was categorized as moderate (mean = 2.92), and learning analytics was also categorized as moderate (mean = 2.91), while artificial intelligence (mean = 3.23) and ethnoscience (mean = 3.23) were categorized as high. These findings suggest that students are able to utilize technology and understand scientific concepts within local contexts; however, their ability to analyze and use data remains underdeveloped. These findings imply the importance of designing science learning in a more structured manner to promote data analysis activities through the contextual and meaningful integration of AI, learning analytics, and ethnoscience.

Keywords: Data Literacy; Artificial Intelligence; Learning Analytics; Ethnoscience; Science Learning

Abstrak

Pembelajaran IPA di era Artificial Intelligence (AI) dan data menuntut siswa memiliki literasi data sebagai kompetensi penting abad ke-21. Namun, literasi data siswa masih belum berkembang secara optimal, khususnya dalam kemampuan analisis dan pemanfaatan data dalam pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan profil literasi data siswa dalam pembelajaran IPA berbasis AI, learning analytics, dan etnosains. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan subjek siswa kelas VIII SMP/MTs yang dipilih melalui teknik purposive sampling. Data dikumpulkan menggunakan angket skala Likert yang telah diuji reliabilitasnya (Cronbach's Alpha = 0,871) dan dianalisis menggunakan statistik deskriptif berupa mean dan kategori. Hasil penelitian menunjukkan bahwa literasi data siswa berada pada kategori sedang (mean = 2,92), learning analytics berada pada kategori sedang (mean = 2,91), sedangkan artificial intelligence (mean = 3,23) dan etnosains (mean = 3,23) berada pada kategori tinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa siswa telah mampu memanfaatkan teknologi dan memahami pembelajaran dalam konteks lokal, namun kemampuan dalam menganalisis dan menggunakan data belum berkembang secara optimal. Temuan penelitian ini berimplikasi pada pentingnya desain pembelajaran IPA yang lebih terarah dalam mendorong aktivitas analisis data melalui integrasi AI, learning analytics, dan etnosains secara kontekstual dan bermakna.

Kata kunci: Literasi Data; Artificial Intelligence; Learning Analytics; Etnosains; Pembelajaran IPA

PENDAHULUAN

Literasi data menjadi kompetensi penting dalam pembelajaran IPA, seiring dengan perubahan paradigma sains menuju praktik

berbasis data, pemahaman ilmiah tidak lagi cukup bertumpu pada penguasaan konsep, tetapi menuntut kemampuan mengolah, menafsirkan, dan mengevaluasi data sebagai dasar penarikan

kesimpulan (Qiao et al., 2024; Sujarwanto et al., 2022). Hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) menunjukkan bahwa kemampuan literasi sains siswa Indonesia masih berada di bawah rata-rata OECD, khususnya pada aspek interpretasi data dan penalaran ilmiah (OECD, 2023). Kondisi ini menunjukkan bahwa pemahaman ilmiah siswa belum sepenuhnya didukung oleh kemampuan mengolah, menafsirkan, dan mengevaluasi data sebagai dasar penarikan kesimpulan. Padahal, literasi data mencakup serangkaian kompetensi yang meliputi kemampuan mengidentifikasi, menganalisis, mengevaluasi, serta menggunakan data untuk mendukung pengambilan keputusan ilmiah secara kritis, yang mengintegrasikan keterampilan teknis dan proses berpikir tingkat tinggi (Ge et al., 2026; Sujarwanto et al., 2022). Namun, peningkatan ketersediaan data dalam pembelajaran belum diikuti oleh kemampuan siswa dalam memanfaatkannya, sehingga menunjukkan adanya kesenjangan antara potensi data dan kompetensi literasi data siswa (Ghodoosi et al., 2023). Hal ini mengindikasikan bahwa pembelajaran IPA masih cenderung berorientasi pada konsep, belum sepenuhnya mengembangkan penalaran berbasis data.

Pemanfaatan *Artificial Intelligence* (AI) dan *learning analytics* menawarkan peluang untuk menjembatani kesenjangan tersebut melalui pembelajaran yang adaptif dan berbasis data. Pemanfaatan *artificial intelligence* dalam pembelajaran menunjukkan potensi dalam meningkatkan pemahaman konsep dan keterlibatan siswa, namun juga menghadirkan tantangan berupa ketergantungan teknologi dan belum optimalnya kemampuan analisis siswa (Citraningrum et al., 2026; Mardianingsih et al., 2025). *Learning analytics* memungkinkan pengumpulan dan analisis data aktivitas belajar siswa, sementara AI memanfaatkan data tersebut untuk menghasilkan umpan balik yang personal

dan prediktif (Costa, 2025; Mardianingsih et al., 2025).

Implementasi di lapangan menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran IPA belum sepenuhnya diintegrasikan dengan aktivitas analisis data secara sistematis. Siswa cenderung menggunakan teknologi hanya sebagai alat bantu memperoleh informasi, tanpa diikuti kemampuan untuk mengolah dan merefleksikan data sebagai bagian dari proses berpikir ilmiah (Costa, 2025). Hal ini menunjukkan bahwa transformasi pembelajaran berbasis teknologi masih berada pada level penggunaan, belum pada level pemaknaan dan pengembangan penalaran ilmiah (Citraningrum et al., 2026; Costa, 2025). Situasi ini memperkuat pentingnya desain pembelajaran yang tidak hanya mengintegrasikan *artificial intelligence* dan *learning analytics* sebagai alat, tetapi juga mengarahkan siswa untuk berinteraksi aktif dengan data dalam konteks yang relevan dan bermakna, termasuk melalui pendekatan etnosains yang berbasis pada realitas lokal. Di sisi lain, literasi data berkembang lebih efektif ketika siswa berhadapan dengan data autentik dalam konteks nyata (Arma, 2024; Kjelvik & Schultheis, 2019).

Pada konteks ini, pendekatan etnosains menjadi relevan karena memungkinkan integrasi konsep ilmiah dengan kearifan lokal yang dekat dengan kehidupan siswa, sehingga meningkatkan keterlibatan dan kebermaknaan pembelajaran (Arma, 2024; Kasmini & Rahmatillah, 2023). Integrasi *artificial intelligence*, *learning analytics*, dan etnosains dalam pembelajaran IPA berpotensi membentuk pembelajaran yang lebih mendalam (*deep learning*), di mana siswa tidak hanya memahami konsep, tetapi juga merefleksikan dan mengaplikasikan pengetahuan dalam konteks nyata. *Learning analytics* menyediakan data pembelajaran sebagai dasar refleksi, sementara

AI memfasilitasi personalisasi pembelajaran berbasis data (Costa, 2025; Mardianingsih et al., 2025). Di sisi lain, etnosains menghadirkan konteks pembelajaran yang bermakna melalui keterkaitan dengan fenomena lokal, sehingga memperkuat konstruksi pengetahuan siswa (Arma, 2024; Kasmini & Rahmatillah, 2023). Pembelajaran berbasis *etnosains* memungkinkan siswa mengaitkan konsep sains dengan konteks budaya lokal, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna dan relevan dengan kehidupan sehari-hari (Arma, 2024). Integrasi ini sejalan dengan prinsip pembelajaran mendalam yang menekankan kebermaknaan, refleksi, dan keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar (Nana, 2023; Nana & Surahman, 2019).

Meskipun demikian, penelitian yang mengkaji secara simultan keterkaitan *artificial intelligence*, *learning analytics*, dan etnosains dalam pengembangan literasi data masih terbatas. Menurut Ghodoosi et al., (2023), studi tentang literasi data masih berfokus pada masing-masing variabel secara terpisah, sehingga belum memberikan gambaran yang komprehensif mengenai hubungan antar variabel dalam membentuk literasi data siswa. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis profil literasi data siswa dalam pembelajaran IPA yang memanfaatkan *artificial intelligence* dan *learning analytics* berbasis etnosains. Penelitian ini penting untuk memberikan gambaran empiris awal mengenai bagaimana integrasi teknologi dan kearifan lokal dapat mendukung pengembangan literasi data secara lebih kontekstual, adaptif, dan bermakna dalam pembelajaran IPA.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk mendeskripsikan profil literasi data siswa dalam pembelajaran IPA berbasis *Artificial Intelligence* (AI), *learning analytics*, dan *etnosains* sebagai

konteks pembelajaran. Penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2025/2026 di salah satu SMP/MTs di Tasikmalaya, Jawa Barat. Penelitian dilakukan secara *cross-sectional*, yaitu pengambilan data dilakukan pada satu waktu tertentu tanpa pemberian perlakuan khusus kepada responden. Subjek penelitian terdiri atas 77 siswa kelas VIII yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran berbasis teknologi (Creswell, 2018; Sugiyono, 2019). Variabel penelitian meliputi literasi data sebagai variabel utama, serta *Artificial Intelligence* (AI), *learning analytics*, dan *etnosains* sebagai variabel konteks.

Instrumen penelitian berupa angket skala Likert 4 poin (1–4) sebanyak 21 butir pernyataan yang disusun berdasarkan indikator pada setiap variabel penelitian, meliputi literasi data (identifikasi, analisis, interpretasi, dan penggunaan data), *Artificial Intelligence* (AI) (penggunaan dan pemahaman), *learning analytics* (membaca dan menafsirkan data pembelajaran), serta *etnosains* (kontekstualisasi budaya dan lingkungan) (Cukurova, 2025; Holmes et al., 2019; Sujarwanto et al., 2022). Instrumen penelitian telah memenuhi kriteria reliabel dengan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,871 yang menunjukkan bahwa instrumen memiliki tingkat reliabilitas tinggi dan layak digunakan dalam pengumpulan data penelitian. Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran angket secara daring menggunakan *Google Form* kepada seluruh responden penelitian. Selain itu, wawancara terbatas dilakukan kepada beberapa siswa yang dipilih secara *purposive* untuk memperkuat interpretasi hasil penelitian, khususnya terkait pemanfaatan AI dan kemampuan analisis data siswa

Data penelitian dianalisis menggunakan statistik deskriptif berupa nilai *mean* dengan bantuan SPSS. Skor jawaban responden dihitung

untuk memperoleh nilai rata-rata pada setiap variabel penelitian menggunakan rumus berikut.

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

Keterangan:

\bar{X} = nilai rata-rata

$\sum X$ = jumlah skor seluruh responden

N = jumlah responden

Nilai yang diperoleh selanjutnya dikategorikan ke dalam tingkat tertentu untuk menggambarkan profil literasi data siswa. Untuk mempermudah interpretasi hasil analisis, nilai rata-rata yang diperoleh dikategorikan ke dalam beberapa tingkat berdasarkan interval skala *Likert*. Kriteria kategori skor yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Kategori Skor

Rentang Skor	Kategori
1,00 – 2,00	Rendah
2,01 – 3,00	Sedang
3,01 – 4,00	Tinggi

Sumber: Adaptasi dari Sugiyono (2019)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis deskriptif dilakukan untuk mengetahui profil literasi data siswa dalam pembelajaran IPA berbasis *artificial intelligence*, *learning analytics*, dan *etnosains*. Hasil analisis menunjukkan adanya variasi capaian antar variabel, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Variabel dalam Pembelajaran IPA Berbasis AI dan *Etnosains*

Variabel	Mean	Kategori
AI	3,23	Tinggi
<i>Learning Analytics</i>	2,91	Sedang
Literasi Data	2,92	Sedang
<i>Etnosains</i>	3,23	Tinggi

Berdasarkan Tabel 2, variabel *artificial intelligence* dan *etnosains* memiliki nilai rata-rata tertinggi, yaitu sebesar 3,23 dan termasuk

dalam kategori tinggi. Sementara itu, variabel *learning analytics* (2,91) dan literasi data (2,92) berada pada kategori sedang. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun siswa telah terbiasa menggunakan teknologi dan mampu memahami konteks pembelajaran berbasis kearifan lokal, kemampuan yang berkaitan dengan analisis dan pemanfaatan data masih belum optimal.

Analisis lebih lanjut pada tingkat item menunjukkan bahwa nilai tertinggi terdapat pada item yang berkaitan dengan penggunaan teknologi dan pemahaman konteks, sedangkan nilai terendah ditemukan pada item yang berkaitan dengan kemampuan analisis dan interpretasi data. Hal ini mengindikasikan adanya kesenjangan antara pemanfaatan teknologi dan kemampuan literasi data siswa dalam pembelajaran IPA.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa literasi data siswa berada pada kategori sedang, sementara pemanfaatan *artificial intelligence* dan *etnosains* berada pada kategori tinggi. Pola ini mengindikasikan bahwa siswa telah terbiasa menggunakan teknologi dalam pembelajaran serta mampu mengaitkan konsep IPA dengan konteks lokal, tetapi belum sepenuhnya mengembangkan kemampuan analisis data. Temuan ini diperkuat oleh hasil wawancara yang menunjukkan bahwa penggunaan AI oleh siswa masih terbatas pada pencarian informasi, bukan sebagai alat analisis. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi belum mencapai level epistemik, melainkan masih berada pada level operasional (Citraningrum et al., 2026; Mardianingsih et al., 2025).

Secara konseptual, temuan ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa teknologi berbasis AI dalam pembelajaran cenderung meningkatkan akses dan pemahaman konsep, tetapi tidak secara otomatis mengembangkan kemampuan analisis tanpa intervensi pedagogis yang tepat (Costa, 2025;

Mardianingsih et al., 2025). Pada konteks pembelajaran IPA, pendekatan *etosains* terbukti mampu memperkuat keterkaitan konsep dengan kehidupan nyata siswa dan meningkatkan literasi sains secara kontekstual (Arma, 2024; Munawarrah & Alqadri, 2025). Selain itu, penggunaan teknologi dalam pembelajaran juga berkontribusi pada peningkatan keterlibatan siswa, namun tetap memerlukan peran guru sebagai fasilitator dalam mengarahkan proses berpikir siswa (Alamsyah et al., 2025). Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi dan konteks lokal telah berjalan, tetapi belum sepenuhnya mengarah pada pengembangan literasi data.

Perbedaan capaian antar variabel menunjukkan adanya kesenjangan antara penggunaan teknologi dan kemampuan literasi data siswa. Tingginya skor pada *artificial intelligence* tidak diikuti oleh kemampuan analisis data yang setara, yang menunjukkan bahwa penggunaan AI masih bersifat operasional dan belum dimanfaatkan sebagai alat berpikir berbasis data. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa penggunaan AI dalam pembelajaran berpotensi menimbulkan ketergantungan jika tidak diimbangi dengan penguatan kemampuan berpikir kritis dan analitis (Costa, 2025). Bahkan, integrasi AI seperti ChatGPT dalam pembelajaran dapat membantu pemahaman konsep, tetapi juga berisiko menurunkan kemandirian analisis jika tidak digunakan secara terarah (Citraningrum et al., 2026).

Rendahnya capaian pada *learning analytics* dan literasi data menunjukkan bahwa siswa belum terbiasa menggunakan data sebagai dasar refleksi pembelajaran. Hal ini mengindikasikan bahwa keberadaan teknologi belum diikuti dengan desain pembelajaran berbasis data. Padahal, *learning analytics* memiliki potensi untuk membantu siswa memahami proses

belajar melalui data yang dihasilkan (Cukurova, 2025). Di sisi lain, tingginya capaian pada *etosains* menunjukkan bahwa konteks lokal mampu meningkatkan keterkaitan konsep dengan pengalaman siswa, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna (Kasmini & Rahmatillah, 2023). Namun demikian, *etosains* dalam penelitian ini masih berfungsi sebagai konteks pembelajaran, belum dimanfaatkan sebagai sumber data empiris yang dianalisis oleh siswa. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara teknologi, data, dan konteks belum berlangsung secara optimal.

Rendahnya capaian pada *learning analytics* menunjukkan bahwa data pembelajaran yang dihasilkan belum dimanfaatkan sebagai bagian dari proses metakognitif siswa. *Learning analytics* seharusnya tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring bagi guru, tetapi juga sebagai sarana refleksi bagi siswa untuk memahami pola belajar mereka sendiri. Ketika siswa tidak dilibatkan dalam interpretasi data tersebut, maka potensi *learning analytics* sebagai alat pengembangan literasi data menjadi tidak optimal. Hal ini mengindikasikan bahwa integrasi *learning analytics* dalam pembelajaran masih bersifat sistemik (*teacher-oriented*), belum berorientasi pada pengembangan kesadaran belajar siswa (*student-centered data use*) (Cukurova, 2025; Ghodoosi et al., 2023).

Pada konteks *etosains*, yang mengindikasikan belum dimanfaatkan sebagai sumber data empiris menunjukkan adanya peluang yang belum terkelola dalam pembelajaran IPA. Padahal, fenomena berbasis kearifan lokal, seperti praktik lingkungan atau budaya masyarakat, dapat menjadi sumber data autentik yang kaya untuk dianalisis oleh siswa. Ketika *etosains* hanya digunakan sebagai konteks ilustratif, maka potensi untuk mengembangkan literasi data berbasis pengalaman nyata menjadi terbatas. Oleh karena itu, diperlukan transformasi pendekatan

etnosains dari sekadar kontekstualisasi konsep menjadi basis eksplorasi data ilmiah yang dapat diobservasi, diukur, dan dianalisis secara sistematis (Kasmini & Rahmatillah, 2023; Kjellvik & Schultheis, 2019).

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi *artificial intelligence*, *learning analytics*, dan *etnosains* tidak secara otomatis menghasilkan literasi data yang optimal. Hal ini menegaskan bahwa teknologi hanya berfungsi sebagai alat, dan efektivitasnya sangat bergantung pada desain pembelajaran yang digunakan (Nana, 2023; Nana & Surahman, 2019). Pada konteks ini, pembelajaran perlu dirancang untuk mendorong siswa tidak hanya menggunakan teknologi, tetapi juga menginterpretasi dan merefleksikan data sebagai bagian dari proses berpikir ilmiah.

Hasil penelitian ini memperkuat bahwa literasi data merupakan kompetensi multidimensi yang membutuhkan integrasi antara teknologi, konteks, dan strategi pembelajaran (Ghodoosi et al., 2023; Qiao et al., 2024). Secara praktis, pembelajaran IPA perlu dikembangkan ke arah yang lebih eksplisit melibatkan aktivitas analisis data berbasis konteks lokal, seperti mengolah data fenomena lingkungan berbasis *etnosains* dengan dukungan AI dan *learning analytics*. Dengan demikian, pembelajaran IPA tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah berbasis data secara lebih mendalam, kontekstual, dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa profil literasi data siswa dalam pembelajaran IPA berbasis *artificial intelligence*, *learning analytics*, dan *etnosains* berada pada kategori sedang. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun siswa telah mampu memanfaatkan teknologi dan memahami pembelajaran dalam konteks lokal

dengan baik, kemampuan dalam menganalisis dan memanfaatkan data belum berkembang secara optimal. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi *artificial intelligence*, *learning analytics*, dan *etnosains* dalam pembelajaran IPA belum sepenuhnya diikuti oleh penguatan literasi data siswa sebagai tujuan utama pembelajaran. Oleh karena itu, integrasi *artificial intelligence*, *learning analytics*, dan *etnosains* dalam pembelajaran IPA perlu diposisikan tidak hanya sebagai sarana pendukung, tetapi juga sebagai bagian dari proses pembelajaran yang mendorong analisis data secara lebih bermakna. Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa satuan pendidikan perlu mengembangkan pembelajaran IPA yang lebih berorientasi pada aktivitas analisis dan interpretasi data melalui pemanfaatan teknologi secara terarah. Guru juga perlu merancang perangkat pembelajaran, seperti modul ajar, LKPD, dan media pembelajaran digital berbasis AI dan *learning analytics* yang terintegrasi dengan konteks *etnosains*, sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual, reflektif, dan mendukung pengembangan literasi data siswa secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, M. A., Fitria, S., & Syariffudin. (2025). Meningkatkan kemampuan berhitung siswa tunanetra dengan menggunakan kalkulator AI sebagai media interaktif. *Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (JP-IPA)*, 06(01), 152–159. <https://doi.org/10.56842/jp-ipa.v6i01.328>
- Arma, O. P. (2024). Peran kearifan lokal dalam proses pembelajaran IPA. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, 10(1), 11–31. <https://proceeding.unesa.ac.id/index.php/ip2b/article/download/2823/1198>
- Citraningrum, M., Rophi, A. H., & Haka, N. B. (2026). Integrasi Chatgpt dalam pembelajaran Biologi: tantangan dan

- peluang di perguruan tinggi. *Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (JP-IPA)*, 07(01), 87–94. <https://doi.org/10.56842/jp-ipa.v7i01.762>
- Costa, M. L. (2025). Artificial intelligence and data literacy in Rural Schools' teaching practices: knowledge, use, and challenges. *Education Sciences*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/educsci15030352>
- Creswell. (2018). *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th Editio). SAGE Publications.
- Cukurova, M. (2025). The interplay of learning, analytics and artificial intelligence in education: A vision for hybrid intelligence. *British Journal of Educational Technology*, 56(2), 469–488. <https://doi.org/10.1111/bjet.13514>
- Ge, L. W., Horn, M. S., Fan, J. E., & Kay, M. (2026). Data literacy for the 21st century: Perspectives from visualization, cognitive science, artificial intelligence, and education. *Extended Abstracts of the 2026 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '26)*, 1(1). <https://doi.org/10.1145/3772363.3778701>
- Ghodoosi, B., West, T., Li, Q., Torrisi-Steele, G., & Dey, S. (2023). A systematic literature review of data literacy education. *Journal of Business and Finance Librarianship*, 28(2), 112–127. <https://doi.org/10.1080/08963568.2023.2171552>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Kasmini, L., & Rahmatillah, Z. (2023). Pengembangan media video animasi berbasis kearifan lokal untuk meningkatkan literasi lingkungan pada pembelajaran IPA. *Jurnal Visipena*, 14(2), 68–84. <https://doi.org/10.46244/visipena.v14i2.2340>
- Kjelvik, M. K., & Schultheis, E. H. (2019). Getting messy with authentic data: Exploring the potential of using data from scientific research to support student data literacy. *CBE Life Sciences Education*, 18(2), 1–8. <https://doi.org/10.1187/cbe.18-02-0023>
- Mardianingsih, T., Permana, D., Armiami, & Harisman, Y. (2025). Using AI for the personalization of mathematics and science education in students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(11), 12–19. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i11.12557>
- Munawarrah, & Alqadri, Z. (2025). Pembelajaran berbasis etnosains dalam konteks pendidikan Kimia: Kajian sistematis terhadap tren pendekatan dan aplikasinya. *Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (JP-IPA)*, 06(01), 152–159. <https://doi.org/10.56842/jp-ipa.v6i01.455>
- Nana. (2023). *Aplikasi komputer dalam pembelajaran*. Penerbit Lakeisha.
- Nana, N., & Surahman, E. (2019). Pengembangan inovasi pembelajaran digital menggunakan model blended POE2WE di era revolusi industri 4.0. *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika Dan Aplikasinya)*, 4, 82. <https://doi.org/10.20961/prosidingsnfa.v4i0.35915>
- OECD. (2023). Pisa 2025 science framework. In *OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development)* (Issue May 2023). <https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/>
- Qiao, C., Chen, Y., Guo, Q., & Yu, Y. (2024). Understanding science data literacy: a conceptual framework and assessment tool for college students majoring in STEM. *International Journal of STEM Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00484-5>
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D* (2 (1)). Alfabeta.
- Sujarwanto, E., Madlazim, M., & Ibrahim, M. (2022). Literasi data dalam pembelajaran Fisika dan penilaian. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(2), 421. <https://doi.org/10.20527/jipf.v6i2.5442>