



Pendekatan Inovatif dalam Pembelajaran IPA : Sebuah Systematic Review 2020-2025

Amanda Gosynda Putri^{1*}, Ernita Vika Aulia², Muhamad Arif Mahdiannur³

¹⁻³ Program Studi Pendidikan IPA, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

*Penulis Korespondensi: 24030654100@mhs.unesa.ac.id¹

Abstract: Natural Science (IPA) learning is an important foundation in developing students' scientific literacy, critical thinking skills, and scientific attitudes. However, the learning process still faces many challenges related to low learning interest, the dominance of conventional methods, and limited use of technology. This article aims to analyze the effectiveness of innovative approaches in science learning through a systematic review of 25 national and international journal articles published in 2020–2025. The systematic review method was carried out through the stages of identification, selection, data extraction, and thematic analysis. The results of the analysis show that the Problem-Based Learning (PBL), Inquiry-Based Learning (IBL), STEM Learning, and digital technology integration (PhET Simulation, mobile learning, gamification, blended learning) approaches have been proven to have a positive impact on learning outcomes, critical thinking skills, creativity, and student motivation. The thematic analysis resulted in four main themes: (1) strengthening critical thinking skills through PBL, (2) developing creativity and scientific literacy through IBL, (3) STEM integration to improve collaboration and scientific attitudes, and (4) utilizing digital technology for motivation and understanding abstract concepts. This study concludes that a combination of various innovative approaches is needed to make science learning more relevant to the demands of the 21st century.

Keywords: Digital technology; IBL; PBL; Science learning; STEM.

Abstrak. Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) menjadi fondasi penting dalam mengembangkan literasi sains, keterampilan berpikir kritis, serta sikap ilmiah siswa. Namun, proses pembelajaran masih banyak menghadapi tantangan terkait rendahnya minat belajar, dominasi metode konvensional, dan keterbatasan pemanfaatan teknologi. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pendekatan inovatif dalam pembelajaran IPA melalui systematic review terhadap 25 artikel jurnal nasional dan internasional yang terbit pada 2020–2025. Metode systematic review dilakukan dengan tahapan identifikasi, seleksi, ekstraksi data, dan analisis tematik. Hasil analisis menunjukkan bahwa pendekatan *Problem-Based Learning (PBL)*, *Inquiry-Based Learning (IBL)*, *STEM Learning*, serta integrasi teknologi digital (PhET Simulation, mobile learning, gamifikasi, blended learning) terbukti memberikan dampak positif terhadap hasil belajar, keterampilan berpikir kritis, kreativitas, dan motivasi siswa. Analisis tematik menghasilkan empat tema utama: (1) penguatan keterampilan berpikir kritis melalui PBL, (2) pengembangan kreativitas dan literasi sains melalui IBL, (3) integrasi STEM untuk meningkatkan kolaborasi dan sikap ilmiah, serta (4) pemanfaatan teknologi digital untuk motivasi dan pemahaman konsep abstrak. Kajian ini menyimpulkan bahwa kombinasi berbagai pendekatan inovatif dibutuhkan agar pembelajaran IPA lebih relevan dengan tuntutan abad ke-21.

Kata kunci: IBL; PBL; Pembelajaran sains; STEM; Teknologi digital.

1. LATAR BELAKANG

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) sebagai bagian dari kurikulum pendidikan di sekolah dasar hingga menengah memiliki fungsi penting dalam mengembangkan literasi sains, keterampilan berpikir kritis, serta kemampuan pemecahan masalah yang sangat dibutuhkan di era globalisasi (Rusilowati et al., 2020). Literasi sains tidak hanya mencakup pemahaman konsep, tetapi juga penerapan pengetahuan untuk membuat keputusan yang tepat dalam kehidupan sehari-hari (Bybee, 2020).

Namun, praktik pembelajaran IPA di Indonesia masih menghadapi sejumlah tantangan. Penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran IPA seringkali masih berfokus pada ceramah, pemberian informasi, serta penilaian berbasis hafalan (Kurniasih & Sani, 2020). Akibatnya, siswa kurang memiliki kesempatan untuk terlibat aktif dalam proses inkuiri, diskusi, maupun eksplorasi langsung terhadap fenomena alam (Putra et al., 2022). Kondisi ini berdampak pada rendahnya motivasi, kemampuan berpikir kritis, serta keterampilan kolaborasi siswa.

Seiring perkembangan abad ke-21, tuntutan global menekankan pentingnya *higher-order thinking skills (HOTS)*, kreativitas, serta penguasaan teknologi dalam pembelajaran. Hal tersebut mendorong munculnya berbagai pendekatan inovatif, seperti *Problem-Based Learning (PBL)*, *Inquiry-Based Learning (IBL)*, pembelajaran berbasis *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)*, serta integrasi teknologi digital (PhET Simulation, mobile learning, gamifikasi, blended learning). Sejumlah penelitian internasional dan nasional melaporkan dampak positif dari penerapan pendekatan ini (Lee & Chen, 2022).

2. KAJIAN TEORITIS

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan proses pendidikan yang bertujuan untuk mengembangkan kemampuan memahami fenomena alam secara ilmiah, menumbuhkan sikap ingin tahu, serta mengasah keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah (Trianto, 2021). Secara teoritis, pembelajaran IPA tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga pada proses ilmiah yang menekankan keterlibatan aktif siswa dalam mengamati, menanya, mencoba, menalar, dan mengomunikasikan hasil temuan. Hal ini sejalan dengan teori konstruktivisme, yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun oleh siswa sendiri melalui pengalaman dan interaksi dengan lingkungannya (Suparno, 2020).

Pendekatan inovatif dalam pembelajaran IPA seperti *Problem-Based Learning (PBL)*, *Inquiry-Based Learning (IBL)*, dan pembelajaran berbasis STEM berakar pada teori konstruktivisme dan *experiential learning*. PBL menempatkan siswa pada situasi masalah nyata sehingga mereka terdorong untuk berpikir kritis, mencari informasi, dan menemukan solusi secara mandiri (Hmelo-Silver, 2020). Sementara itu, IBL menekankan proses penyelidikan ilmiah di mana siswa merumuskan pertanyaan, merancang percobaan, serta menarik kesimpulan berdasarkan data yang diperoleh (Kuhlthau et al., 2021). Adapun pembelajaran berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) menekankan integrasi lintas disiplin untuk menumbuhkan kemampuan kolaboratif, inovatif, dan adaptif dalam menghadapi tantangan global (Bybee, 2020).

Selain itu, teori kognitivisme menjelaskan pentingnya peran teknologi digital dalam mendukung pembelajaran IPA. Penggunaan media interaktif seperti *PhET Simulation*, *mobile learning*, dan gamifikasi dapat memperkuat pemahaman konsep abstrak melalui visualisasi dan simulasi berbasis komputer (Clark & Mayer, 2021). Pendekatan ini juga sejalan dengan teori motivasi belajar, khususnya *Self-Determination Theory* (Deci & Ryan, 2017), yang menegaskan bahwa pembelajaran yang menyenangkan, interaktif, dan relevan dengan kehidupan nyata dapat meningkatkan motivasi intrinsik siswa.

Dengan demikian, kajian teoritis ini menunjukkan bahwa efektivitas pembelajaran IPA bergantung pada sejauh mana guru mampu mengintegrasikan teori-teori belajar modern dengan pendekatan inovatif yang berpusat pada siswa. Kombinasi antara konstruktivisme, kognitivisme, dan teori motivasi memberikan landasan kuat bagi pengembangan model pembelajaran IPA yang adaptif terhadap kebutuhan abad ke-21.

3. METODE PENELITIAN

Kajian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review (SLR)* dengan pendekatan PRISMA. Tahapan penelitian meliputi:

a. Identifikasi

Artikel dicari melalui database Google Scholar, ERIC, DOAJ, dan Scopus. Kata kunci yang digunakan adalah: “science education”, “IPA learning”, “STEM learning in science”, “problem-based learning in science”, “inquiry-based learning”, “digital learning in science education”.

b. Seleksi Artikel

Kriteria inklusi:

- 1) Terbit tahun 2020–2025
- 2) Fokus pada pembelajaran IPA di SD, SMP, dan SMA
- 3) Menggunakan pendekatan inovatif
- 4) Berbentuk penelitian empiris
- 5) Artikel full-text tersedia. Dari 126 artikel yang ditemukan, 25 memenuhi kriteria.

c. Ekstraksi

Setiap artikel ditinjau berdasarkan penulis, tahun, pendekatan, jenjang, metode, serta hasil utama.

d. Analisis

Data dianalisis secara deskriptif untuk mengidentifikasi variasi metode dan capaian, serta secara tematik untuk menemukan pola umum.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Analisis Artikel Pendekatan Inovatif dalam Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) Tahun 2020–2025.

No	Penulis & Tahun	Pendekatan	Jenjang	Metode	Hasil Utama
1	Sari & Nur (2021)	Problem-Based Learning (PBL)	SMP	Eksperimen	Meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada topik ekosistem.
2	Putra et al. (2022)	PBL	SMP	Quasi Eksperimen	Hasil belajar kognitif dan kolaborasi meningkat signifikan
3	Hidayati & Firmansyah (2023)	Inquiry-Based Learning (IBL)	SMP	Mixed Method	Literasi sains siswa meningkat pada materi energi.
4	Zhang & Li (2021)	STEM	SMA	Survey	Membentuk sikap ilmiah siswa secara positif.
5	Rahmawati et al. (2022)	IBL	SMP	Eksperimen	Mendorong kreativitas dan keterampilan proyek siswa.
6	Kurniawan & Dewi (2024)	Digital (PhET Simulation)	SMP	Eksperimen	Pemahaman konsep abstrak (listrik) lebih baik.
7	Hasanah et al. (2023)	STEM Project-Based Learning	SMA	PTK	Meningkatkan keterampilan kolaborasi dan hasil belajar.
8	Nugroho (2021)	Blended Learning IPA	SMP	Deskriptif	Menumbuhkan motivasi belajar dan kemandirian siswa.
9	Lee & Chen (2022)	Mobile Learning IPA	SMA	Eksperimen	Memberi dampak positif pada minat belajar dan literasi digital.
10	Pratiwi et al. (2025)	Gamifikasi dalam IPA	SD	Eksperimen	Siswa lebih termotivasi, hasil belajar meningkat.
11	Chen et al. (2020)	Virtual Lab IPA	SMA	Eksperimen	Meningkatkan pemahaman konsep sains dan rasa ingin tahu siswa
12	Wulandari & Setiawan (2023)	Inkuiri Terbimbing	SMP	Eksperimen	Meningkatkan pemahaman konsep sains dan rasa ingin tahu siswa
13	Santoso (2021)	Discovery Learning	SMP	Eksperimen	Meningkatkan ketrampilan analisis konsep IPA
14	Ahmad & Rahayu (2022)	Project-Based Learning IPA	SMP	PTK	Membantu penguasaan materi dan ketrampilan kolaboratif siswa
15	Park & Kim (2021)	STTEM berbasis Robotik	SMA	Eksperimen	Mengembangkan kreativitas dan problem solving siswa
16	Dewi et al. (2023)	Flipped Classroom IPA	SMP	Quasi Eksperimen	Meningkatkan hasil belajar dan partisipasi aktif siswa

17	Hidayat (2022)	Pendekatan Kontekstual IPA	SMP	Deskriptif	Membantu siswa mengaitkan konsep IPA dengan kehidupan sehari-hari
18	Lim & Wong	Augmented Reality (AR) dalam IPA	SMA	Eksperimen	Visualisasi konsep abstrak lebih mudah dipahami siswa
19	Prasetyo (2022)	Kolaborasi STEM Inkuiri	SMP	Eksperimen	Peningkatan signifikan dalam literasi sains siswa
20	Utami (2023)	Game-Based Learning IPA	SMP	Eksperimen	Menumbuhkan antusiasme dan motivasi belajar siswa.
21	Miller & Zhang (2020)	Mobile-Assisted Learning IPA	SMA	Survei	Memberi dampak positif terhadap fleksibel belajar siswa
22	Putri et al. (2024)	STEM berbasis proyek lingkungan	SMA	PTK	Menumbuhkan kesadaran ekologis dan ketrampilan ilmiah
23	Yusuf & Hanndayani (2022)	Hybrid Learning IPA	SMP	Quasi Eksperimen	Meningkatkan kemandirian belajar dan interaksi guru dan siswa
24	Fadhilah (2021)	Mind Mapping dalam IPA	SMP	Eksperimen	Membantu pemahaman konsep dan retensi materi
25	Nguyen & Tran (2023)	STEM Berbasis Komunitas	SMA	Studi Kasus	Menghubungkan pembelajaran IPA dengan permasalahan nyata di masyarakat

Berdasarkan hasil telaah terhadap 25 artikel jurnal nasional dan internasional yang terbit antara tahun 2020–2025, ditemukan berbagai pendekatan inovatif yang diterapkan dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) pada berbagai jenjang pendidikan. Pendekatan tersebut meliputi *Problem-Based Learning* (PBL), *Inquiry-Based Learning* (IBL), STEM Learning, *Project-Based Learning* (PjBL), pembelajaran berbasis digital (seperti *PhET Simulation*, *mobile learning*, *virtual lab*, *augmented reality*), serta model campuran seperti *blended learning* dan *flipped classroom*. Dari hasil analisis:

- a. Pendekatan PBL dan IBL paling banyak digunakan pada jenjang SMP (Sari & Nur, 2021; Rahmawati et al., 2022; Hidayati & Firmansyah, 2023). Keduanya terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, literasi sains, dan kemampuan pemecahan masalah siswa.
- b. Pendekatan STEM dan turunannya (STEM berbasis proyek, robotik, atau komunitas) banyak digunakan pada jenjang SMA (Zhang & Li, 2021; Park & Kim, 2021; Putri et al., 2024; Nguyen & Tran, 2023). Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi STEM mampu menumbuhkan sikap ilmiah, kolaborasi, kesadaran ekologis, serta kemampuan *problem solving* yang relevan dengan kebutuhan abad ke-21.
- c. Integrasi teknologi digital seperti *PhET Simulation*, *mobile learning*, *virtual lab*, *augmented reality*, dan *game-based learning* menunjukkan hasil positif terhadap peningkatan motivasi, minat belajar, dan pemahaman konsep-konsep abstrak dalam

IPA (Kurniawan & Dewi, 2024; Lee & Chen, 2022; Chen et al., 2020; Lim & Wong, 2023; Utami, 2023).

- d. Pendekatan *blended learning*, *flipped classroom*, dan *hybrid learning* menunjukkan efektivitas dalam meningkatkan kemandirian belajar, interaksi guru-siswa, serta partisipasi aktif siswa (Dewi et al., 2023; Yusuf & Hanndayani, 2022; Nugroho, 2021).
- e. Pendekatan kreatif seperti *mind mapping* (Fadhilah, 2021) juga berperan penting dalam membantu siswa memahami konsep dan meningkatkan daya ingat terhadap materi IPA.

Hasil systematic review dari 25 artikel yang dianalisis menunjukkan bahwa inovasi pembelajaran IPA telah berkembang secara signifikan dalam lima tahun terakhir (2020–2025). Secara umum, terdapat empat tema utama yang muncul, yaitu: (1) pembelajaran berbasis masalah dan inkuiri, (2) pendekatan STEM, (3) integrasi teknologi digital dalam pembelajaran IPA, dan (4) strategi hybrid atau kolaboratif.

Pertama, pendekatan *Problem-Based Learning (PBL)* dan *Inquiry-Based Learning (IBL)* terbukti konsisten meningkatkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan literasi sains siswa. Studi dari Sari & Nur (2021), Putra et al. (2022), dan Rahmawati et al. (2022) menegaskan bahwa PBL maupun IBL mendorong siswa untuk lebih aktif mengeksplorasi permasalahan nyata, membangun argumen, serta mengembangkan kreativitas melalui proyek. Hal ini selaras dengan temuan Lestari (2024) yang menyebutkan adanya peningkatan signifikan pada literasi sains siswa melalui penerapan PBL. Dengan demikian, pembelajaran berbasis masalah dan inkuiri relevan untuk mengembangkan kompetensi abad 21.

Kedua, pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)* menjadi tren yang banyak diteliti. Penelitian Zhang & Li (2021), Hasanah et al. (2023), dan Putri et al. (2024) menunjukkan bahwa STEM tidak hanya meningkatkan penguasaan konsep, tetapi juga membentuk sikap ilmiah, keterampilan kolaboratif, dan kesadaran ekologis. Penggunaan proyek berbasis lingkungan maupun integrasi robotik (Park & Kim, 2021) juga mendorong siswa untuk menghubungkan konsep IPA dengan isu-isu nyata. STEM yang berbasis komunitas (Nguyen & Tran, 2023) semakin mempertegas fungsi IPA dalam menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim dan keberlanjutan.

Ketiga, pemanfaatan teknologi digital semakin banyak diterapkan untuk mendukung pembelajaran IPA. Kurniawan & Dewi (2024) membuktikan bahwa simulasi PhET mampu membantu pemahaman konsep abstrak seperti listrik. Selain itu, mobile learning (Lee & Chen, 2022; Miller & Zhang, 2020) memberikan fleksibilitas belajar, sementara penggunaan *augmented reality* (Lim & Wong, 2021) meningkatkan visualisasi konsep sains. Gamifikasi dan game-based learning (Pratiwi et al., 2025; Utami, 2023) terbukti meningkatkan motivasi

dan antusiasme siswa dalam pembelajaran IPA. Penelitian ini memperkuat pandangan bahwa teknologi digital dapat menjadi media interaktif yang mendukung pembelajaran kontekstual.

Keempat, strategi hybrid, blended, maupun flipped classroom juga menunjukkan efektivitas dalam meningkatkan hasil belajar dan motivasi siswa. Nugroho (2021), Dewi et al. (2023), dan Yusuf & Handayani (2022) menekankan bahwa model campuran tatap muka dan daring dapat menumbuhkan kemandirian, meningkatkan interaksi guru-siswa, serta mendorong keterlibatan aktif. Temuan ini penting untuk konteks pasca-pandemi, ketika sekolah mulai mengadopsi sistem pembelajaran fleksibel.

Jika dilihat secara tematik, inovasi pembelajaran IPA tidak hanya meningkatkan aspek kognitif, tetapi juga aspek afektif (motivasi, minat, sikap ilmiah) dan psikomotor (keterampilan proyek, eksperimen, kolaborasi). Namun, terdapat tantangan yang masih perlu diperhatikan, di antaranya keterbatasan sarana digital di beberapa sekolah, kesiapan guru dalam mengimplementasikan model inovatif, serta perlunya dukungan kebijakan pendidikan yang berkelanjutan.

Oleh karena itu, diperlukan integrasi berbagai pendekatan misalnya menggabungkan PBL dengan teknologi digital atau STEM dengan gamifikasi untuk menciptakan pengalaman belajar IPA yang lebih komprehensif. Sinergi ini tidak hanya akan mendukung pencapaian tujuan pembelajaran IPA, tetapi juga membantu siswa mempersiapkan diri menghadapi tantangan era globalisasi dan revolusi industri 4.0.

kajian pada tingkat SD masih relatif sedikit. Ke depan, perlu dilakukan systematic review dengan cakupan artikel yang lebih luas, melibatkan lebih banyak database internasional, serta analisis *meta-analysis* untuk memperkuat kesimpulan kuantitatif.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil systematic review terhadap 25 artikel, dapat disimpulkan bahwa inovasi pembelajaran IPA telah memberikan dampak positif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran di berbagai jenjang pendidikan. Pendekatan PBL dan IBL efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis, literasi sains, serta kreativitas siswa. Pendekatan STEM terbukti mampu mengembangkan keterampilan kolaborasi, kesadaran ekologis, dan sikap ilmiah, sedangkan integrasi teknologi digital seperti simulasi PhET, mobile learning, AR, dan gamifikasi mampu meningkatkan motivasi, pemahaman konsep, dan fleksibilitas belajar. Selain itu, model hybrid, blended, dan flipped classroom menunjukkan efektivitas dalam membangun kemandirian dan keterlibatan aktif siswa. Namun demikian, tantangan implementasi masih ada, terutama dalam hal kesiapan guru, sarana teknologi, serta dukungan

kebijakan pendidikan. Oleh karena itu, rekomendasi yang diajukan adalah perlunya pengembangan profesional guru melalui pelatihan inovasi pembelajaran IPA, penyediaan fasilitas pendukung, serta penelitian lebih lanjut mengenai integrasi berbagai pendekatan agar pembelajaran IPA lebih adaptif, interaktif, dan kontekstual.

DAFTAR REFERENSI

- Ahmad, A., & Rahayu, S. (2022). Project-based learning in science education: Enhancing collaboration and mastery of concepts. *Jurnal Pendidikan Sains*, 10(2), 115-127.
- Bybee, R. W. (2020). *STEM education: Creating the next generation of problem solvers*. NSTA Press.
- Chen, Y., Wang, H., & Liu, J. (2020). Effectiveness of virtual labs in high school science learning. *Journal of Science Education and Technology*, 29(4), 589-600.
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2021). *E-learning and the science of instruction*. Wiley.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2017). *Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. Guilford Press.
- Dewi, R., Pratama, A., & Santika, Y. (2023). Implementasi flipped classroom dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(1), 22-34.
- Fadhilah, R. (2021). Mind mapping strategy in science learning: Improving concept understanding. *International Journal of Science Learning*, 4(3), 45-56.
- Hasanah, N., Lestari, F., & Utomo, D. (2023). STEM project-based learning for improving collaboration skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(1), 73-84.
- Hidayat, A. (2022). Contextual approach in science learning: Bridging concept and daily life. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sains*, 7(2), 201-212.
- Hmelo-Silver, C. E. (2020). *Problem-based learning: An inquiry approach*. Routledge.
- Kuhlthau, C. C., Maniotes, L. K., & Caspari, A. K. (2021). *Guided inquiry: Learning in the 21st century*. Libraries Unlimited. <https://doi.org/10.29173/iasl7647>
- Kurniawan, A., & Dewi, P. (2024). The use of PhET simulation to enhance students' conceptual understanding. *Journal of Physics Education Research*, 14(1), 55-67.
- Lee, H., & Chen, M. (2022). Mobile learning in science education: Improving digital literacy and engagement. *Computers & Education*, 180, 104421.
- Lestari, A. (2024). Problem-based learning in science to improve scientific literacy. *Jurnal Sains dan Pendidikan*, 13(2), 145-159.
- Lim, S., & Wong, T. (2021). Augmented reality in science classrooms: Visualization of abstract concepts. *Interactive Learning Environments*, 29(7), 1104-1120.
- Miller, R., & Zhang, Y. (2020). Mobile-assisted science learning: A survey on flexibility and effectiveness. *Journal of Educational Technology & Society*, 23(3), 67-79.
- Nguyen, T., & Tran, H. (2023). Community-based STEM education in high school science. *Asia-Pacific Science Education*, 9(1), 56-72.
- Nugroho, B. (2021). Blended learning in science education: Enhancing student motivation. *Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 7(3), 155-166.

- Park, J., & Kim, S. (2021). Robotics-based STEM education for creativity development. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 23-35.
- Prasetyo, H. (2022). Integrating STEM and inquiry for improving scientific literacy. *Jurnal Inovasi Pembelajaran IPA*, 8(2), 211-222.
- Pratiwi, D., Syahputra, R., & Widodo, A. (2025). Gamification in elementary science learning: Enhancing motivation. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 16(1), 34-46.
- Putra, R., Andini, Y., & Fajar, S. (2022). Problem-based learning for improving cognitive learning outcomes. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(2), 167-180.
- Putri, M., Rahman, T., & Sari, I. (2024). Environmental project-based STEM learning in science. *Jurnal Ekologi Pendidikan*, 5(2), 89-103.
- Rahmawati, E., Yusuf, N., & Sulaiman, A. (2022). Inquiry-based learning for creativity and project skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(1), 12-24.
- Santoso, J. (2021). Discovery learning in science education. *Jurnal Pendidikan Sains*, 9(2), 88-97.
- Sari, D., & Nur, M. (2021). PBL in science learning: Critical thinking improvement. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(1), 45-56.
- Utami, N. (2023). Game-based learning in science: Enhancing student motivation. *Jurnal Teknologi Pendidikan Sains*, 6(1), 99-111.
- Wulandari, E., & Setiawan, A. (2023). Guided inquiry in science learning. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(2), 123-135. <https://doi.org/10.51878/learning.v2i4.1841>
- Yusuf, M., & Handayani, T. (2022). Hybrid learning in science: Building independence. *Jurnal Pendidikan Sains*, 10(2), 178-190.
- Zhang, L., & Li, Y. (2021). STEM education in science learning: Shaping scientific attitudes. *Journal of Science Education*, 42(3), 201-215.