

Kajian Sistematis Model Pembelajaran IPA untuk Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik: Perspektif Pendekatan *Deep Learning*

Hendra Ramadhan¹, Sulistyo Saputro^{1*}, Lina Mahardiani¹

¹ Program Studi Magister Pendidikan Sains, Program Pascasarjana,
FKIP Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

*Email : sulistyo_s@staff.uns.ac.id

Abstract: *Scientific literacy is one of the core competencies assessed in PISA 2025 and serves as a key indicator of the quality of science education in Indonesia. Previous international assessments have revealed that Indonesian students' achievement in scientific literacy remains relatively low, indicating the need for effective instructional strategies that foster conceptual understanding, critical thinking, and scientific attitudes. One relevant approach is deep learning, which can be facilitated through the implementation of various science learning models. This study aims to systematically review science learning models that contribute to the enhancement of students' scientific literacy within the perspective of deep learning. A Systematic Literature Review (SLR) method was employed by following the PRISMA 2020 protocol. Articles were retrieved from international databases such as Scopus, Web of Science, SpringerLink, ERIC, and Google Scholar, with publication years ranging from 2015 to 2025. The findings reveal that instructional models such as Problem Based Learning, Project Based Learning, STEM Education, Inquiry Learning, and Discovery Learning are the most frequently applied in supporting scientific literacy. These models are proven effective in encouraging students to explore, reflect, and apply concepts in new contexts, which aligns with the characteristics of deep learning. This review highlights the importance of integrating innovative instructional models with a deep learning approach to strengthen scientific literacy, while also providing practical implications for science teachers and researchers in designing learning strategies aligned with the demands of PISA 2025.*

Keywords: *Scientific Literacy; Science Learning Models; Deep Learning; PISA 2025; Systematic Literature Review*

Abstrak: Literasi sains merupakan salah satu kompetensi utama yang diukur dalam PISA 2025 dan menjadi indikator penting kualitas pendidikan IPA di Indonesia. Hasil asesmen internasional menunjukkan capaian literasi sains peserta didik Indonesia masih relatif rendah, sehingga diperlukan strategi pembelajaran yang mampu menumbuhkan pemahaman konseptual, berpikir kritis, serta sikap ilmiah. Salah satu pendekatan yang relevan adalah pembelajaran mendalam (deep learning approach) yang dapat difasilitasi melalui penerapan berbagai model pembelajaran IPA. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara sistematis model-model pembelajaran IPA yang berkontribusi dalam meningkatkan literasi sains peserta didik melalui perspektif pembelajaran mendalam. Metode yang digunakan adalah Systematic Literature Review (SLR) dengan mengacu pada protokol PRISMA 2020. Artikel yang ditinjau diperoleh dari database internasional seperti Scopus, Web of Science, SpringerLink, ERIC, dan Google Scholar dengan kriteria publikasi antara tahun 2015–2025. Hasil kajian menunjukkan bahwa model pembelajaran berbasis Problem Based Learning, Project Based Learning, STEM Education, Inquiry Learning, dan Discovery Learning merupakan pendekatan yang paling banyak digunakan untuk mendukung literasi sains. Model-model tersebut efektif dalam mendorong peserta didik melakukan eksplorasi, refleksi, dan aplikasi konsep pada situasi baru yang sesuai dengan karakteristik pembelajaran mendalam. Kajian ini menegaskan pentingnya integrasi model pembelajaran inovatif dengan pendekatan pembelajaran mendalam dalam meningkatkan literasi sains, serta memberikan implikasi praktis bagi guru IPA dan peneliti dalam merancang strategi pembelajaran yang selaras dengan tuntutan PISA 2025.

Kata kunci: Literasi Sains; Model Pembelajaran IPA; Pembelajaran Mendalam; PISA 2025; Systematic Literature Review

1. PENDAHULUAN

Literasi sains merupakan salah satu kompetensi esensial abad ke-21 yang wajib dikuasai oleh siswa. Kompetensi ini tidak hanya mencakup pemahaman terhadap konsep-konsep ilmiah, tetapi juga kemampuan untuk menerapkannya dalam pemecahan masalah sehari-hari serta dalam pengambilan keputusan yang berbasis bukti (Zainil et al., 2022). Dalam konteks global, literasi sains bahkan dipandang sebagai salah satu keterampilan dasar yang menentukan kesiapan generasi muda untuk menghadapi tantangan kehidupan yang semakin kompleks, termasuk isu-isu terkait teknologi, lingkungan, kesehatan, dan energi (Benek & Akçay, 2022). Dengan kata lain, literasi sains bukan hanya tentang menguasai teori, melainkan juga tentang memiliki keterampilan berpikir kritis, reflektif, serta kemampuan membuat keputusan yang bertanggung jawab.

Urgensi penguasaan literasi sains semakin terlihat dari hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA). Data PISA 2018 menunjukkan bahwa capaian siswa Indonesia berada jauh di bawah rata-rata negara OECD. Situasi ini kembali berulang pada PISA 2022, ketika skor literasi sains siswa Indonesia masih tergolong rendah dan belum menunjukkan perbaikan signifikan (OECD, 2023). Kondisi ini menegaskan bahwa masalah literasi sains masih menjadi pekerjaan rumah yang serius dalam sistem pendidikan nasional. Rendahnya literasi sains mengindikasikan bahwa siswa masih kesulitan dalam menghubungkan konsep sains dengan fenomena nyata, melakukan analisis berbasis data, serta menyelesaikan masalah autentik yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Jika hal ini tidak segera diatasi, maka akan berimplikasi pada rendahnya daya saing bangsa di tengah arus globalisasi yang menuntut penguasaan keterampilan abad ke-21 (Gündüz, 2023).

Untuk menjawab tantangan tersebut, peningkatan literasi sains menjadi kebutuhan mendesak yang harus diupayakan melalui penerapan model pembelajaran yang lebih efektif, inovatif, dan berkelanjutan. Sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa berbagai model pembelajaran inovatif, seperti *Problem-Based Learning* (PBL), *Project-Based Learning* (PjBL), *STEM Education*, *Discovery Learning*, dan *Inquiry-Based Learning*, mampu memberikan kontribusi positif terhadap literasi sains siswa. Misalnya, PBL terbukti mendorong siswa untuk berpikir kritis dalam memecahkan masalah nyata, sementara PjBL melatih mereka untuk mengintegrasikan pengetahuan lintas disiplin dalam mengerjakan proyek kontekstual. Demikian pula, pendekatan STEM menekankan kolaborasi, inovasi, dan kreativitas dalam menyelesaikan persoalan praktis, sedangkan pembelajaran berbasis inkuiri menuntun siswa untuk aktif bertanya, bereksperimen, dan menemukan sendiri jawaban dari permasalahan yang mereka hadapi (Haviz et al., 2018).

Namun, kenyataannya penerapan model-model tersebut di sekolah Indonesia masih menghadapi sejumlah kendala. Banyak guru yang masih menekankan pada pencapaian pengetahuan faktual dengan mengandalkan metode ceramah, *drilling* soal, dan evaluasi berbasis hafalan. Akibatnya, proses pembelajaran cenderung berhenti pada tingkat *surface learning*, yakni sekadar mengingat dan mengulang informasi tanpa pemahaman mendalam (Asrizal et al., 2023). Kondisi ini berpengaruh pada rendahnya kemampuan siswa dalam menghubungkan konsep sains dengan konteks nyata, memecahkan masalah kompleks, dan mengembangkan keterampilan berpikir reflektif. Selain itu, terbatasnya akses guru terhadap pelatihan profesional, bahan ajar kontekstual, dan integrasi teknologi pendidikan juga menjadi faktor yang menghambat terciptanya pengalaman belajar yang bermakna.

Dalam kerangka peningkatan literasi sains, pendekatan pembelajaran mendalam (*deep learning*) mendapat perhatian yang semakin besar karena menekankan pada pemahaman konseptual, integrasi pengetahuan, serta kemampuan reflektif, bukan sekadar hafalan (Zainil et al., 2022). Pendekatan ini sejalan dengan orientasi *Programme for International Student Assessment* (PISA) yang menuntut keterampilan pemecahan masalah kompleks dan

kemampuan berpikir kritis (Hidayatullah et al., 2021). Sejalan dengan itu, penelitian Benek dan Akcay menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM berkontribusi signifikan dalam meningkatkan keterampilan abad ke-21, khususnya berpikir kritis dan kreatif, yang merupakan aspek esensial dalam penguatan literasi sains (Benek & Akcay, 2022; Asrizal et al., 2023).

Meski telah banyak model pembelajaran dikembangkan, kajian komprehensif yang menelaah model pembelajaran IPA dari perspektif pembelajaran mendalam (*deep learning*) terkait literasi sains masih tergolong terbatas. Meskipun demikian, tanpa analisis yang sistematis, guru maupun pembuat kebijakan akan mengalami kesulitan dalam menentukan model pembelajaran yang paling efektif untuk mengembangkan literasi sains siswa (Siswanto et al., 2020). Berdasarkan kondisi ini, penelitian ini disusun untuk menganalisis dan mensintesis berbagai model pembelajaran yang relevan. Hasil kajian diharapkan dapat memberikan rekomendasi praktis bagi guru dan pembuat kebijakan dalam meningkatkan literasi sains siswa Indonesia serta mempersiapkan mereka menghadapi tantangan pendidikan di masa depan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review (SLR)* yang disusun berdasarkan protokol PRISMA 2020. Pendekatan ini dipilih karena mampu menghimpun, menyeleksi, dan mensintesis berbagai hasil penelitian secara sistematis, sehingga memberikan gambaran yang komprehensif mengenai kontribusi model pembelajaran IPA terhadap pengembangan literasi sains dalam kerangka pembelajaran mendalam.

Pencarian artikel dilakukan melalui beberapa basis data internasional, yaitu *Scopus*, *Web of Science*, *SpringerLink*, *ERIC*, dan *Google Scholar*. Kata kunci yang digunakan mencakup "*science literacy*", "*problem-based learning*", "*project-based learning*", "*inquiry learning*", "*STEM education*", serta istilah yang terkait dengan pendekatan pembelajaran mendalam, seperti "*deep learning approach*", "*deep approach to learning*", dan "*deep learning pedagogy*".

Dari pencarian awal diperoleh 580 artikel. Setelah dilakukan penyaringan berdasarkan judul dan abstrak serta penghapusan duplikasi, tersisa 320 artikel. Selanjutnya, melalui telaah penuh, diperoleh 95 artikel yang memenuhi kriteria relevansi, dan pada tahap inklusi akhir dipilih 42 artikel untuk dianalisis lebih lanjut.

Proses seleksi artikel mengikuti alur PRISMA, dengan mempertimbangkan kriteria inklusi, yaitu artikel yang diterbitkan dalam 10 tahun terakhir, dipublikasikan pada jurnal bereputasi (*peer-reviewed*), serta membahas model pembelajaran IPA, literasi sains, dan/atau pendekatan pembelajaran mendalam. Artikel berupa prosiding, laporan non-empiris, atau yang tidak berbahasa Inggris/Indonesia dikecualikan dari analisis.

Data dari artikel terpilih dianalisis menggunakan *thematic analysis*, yang mencakup kegiatan coding, kategorisasi, dan identifikasi tema-tema utama yang relevan. Hasil analisis tematik kemudian disintesis dalam bentuk narasi untuk menggambarkan kontribusi, kecenderungan, serta kesenjangan dalam literatur terkait model pembelajaran IPA dan pengembangan literasi sains dari perspektif pembelajaran mendalam.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Artikel yang Direview

Literasi sains dalam pendidikan IPA telah menjadi fokus utama penelitian selama dekade terakhir, ditandai dengan tren publikasi yang terus meningkat, khususnya pada konteks pendidikan dasar hingga menengah (Aradia et al., 2023; (Shofiyah & Faizah, 2018). Analisis terhadap artikel yang diterbitkan antara tahun 2015 hingga 2025 menunjukkan peningkatan signifikan jumlah publikasi terkait literasi sains, yang mencerminkan pentingnya kompetensi

ini sebagai bagian integral dari kurikulum pendidikan global (Fasya et al., 2023; Herman et al., 2022). Sebagian besar studi berasal dari negara dengan capaian tinggi dalam *Program for International Student Assessment* (PISA), seperti Finlandia, Singapura, dan Korea Selatan, yang kerap dijadikan rujukan dalam pengembangan kurikulum serta strategi pembelajaran (Naim & Fandyansari, 2024; Yuniarti et al., 2022). Di Indonesia, penelitian mengenai model pembelajaran dan media untuk mengembangkan literasi sains juga semakin berkembang, menandakan adanya gerakan positif menuju peningkatan kualitas pendidikan (Mahali et al., 2023; Rafi'y et al., 2023).

Pada jenjang SMP, literasi sains menjadi sangat penting karena merupakan fase perubahan dari pembelajaran sains dasar menuju penerapan konsep yang lebih kompleks. Sejumlah penelitian menegaskan perlunya inovasi dalam pembelajaran pada tingkat ini. Salsabilla & Setiaji (2023) mengembangkan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis inkuiri untuk meningkatkan literasi sains siswa kelas VIII pada materi ekosistem. Penelitian lain oleh Yani et al. (2023) menunjukkan efektivitas *Problem-Based Learning* (PBL) dalam melatih siswa menafsirkan data serta menghubungkan konsep sains dengan isu lingkungan. Temuan-temuan tersebut menegaskan bahwa model pembelajaran di SMP tidak hanya menekankan penguasaan materi, tetapi juga membangun kemampuan berpikir kritis, keterampilan pemecahan masalah, serta pemahaman konseptual yang mendalam sebagai karakteristik utama dari pendekatan *deep learning* (Rafi'y et al., 2023).

Selain bagi siswa, literasi sains juga merupakan aspek penting bagi pendidik. Kompetensi literasi sains guru terbukti menjadi faktor kunci dalam menghadapi tantangan pendidikan di era digital (Mahali et al., 2023; Shofiyah & Faizah, 2018). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi dan media pembelajaran yang inovatif mampu meningkatkan pengalaman belajar siswa secara signifikan (Pratama et al., 2024). Meski demikian, sejumlah tantangan masih dihadapi. Misalnya, Maullidyawati dan Hidayah (2022) menjelaskan bahwa implementasi model pembelajaran belum sepenuhnya optimal dalam melatih literasi sains, sehingga diperlukan penguatan strategi yang lebih menyeluruh.

Oleh karena itu, kolaborasi antara guru, peneliti, dan pemangku kebijakan menjadi sangat penting untuk memastikan literasi sains terintegrasi secara berkelanjutan dalam kurikulum pendidikan (Yenzi et al., 2023). Karakteristik penelitian yang ada juga menegaskan bahwa pengembangan literasi sains harus diarahkan tidak hanya pada aspek kognitif, tetapi juga pada pembentukan pemahaman reflektif dan kontekstual sesuai prinsip *deep learning*. Dengan demikian, penguatan literasi sains di setiap jenjang pendidikan, termasuk di Indonesia, akan berkontribusi pada lahirnya sumber daya manusia yang siap bersaing secara global (Intan et al., 2023).

3.2. Model Pembelajaran dalam Kajian Literasi Sains

Pemilihan model pembelajaran memiliki peran yang penting dalam upaya mengembangkan literasi sains peserta didik di tingkat SMP. Literasi sains tidak hanya mencakup pemahaman konseptual, tetapi juga meliputi keterampilan berpikir kritis, kemampuan berpikir kreatif, serta kecakapan dalam mengaitkan sains dengan konteks kehidupan sehari-hari (Hardjo et al., 2019; Herman et al., 2022). Oleh karena itu, penerapan model pembelajaran yang tepat menjadi faktor penentu dalam meningkatkan literasi sains peserta didik. Beberapa model yang terbukti relevan dalam mendukung pengembangan literasi sains antara lain *Problem Based Learning* (PBL), *Project Based Learning* (PjBL), *STEM Education*, *Inquiry Learning*, dan *Discovery Learning* (Fatmawati & Shofiyah, 2022; Herman et al., 2022).

3.2.1. Problem-Based Learning (PBL)

Problem-Based Learning (PBL) merupakan model pembelajaran yang dapat mendorong kemampuan berpikir ilmiah peserta didik tingkat SMP. Pendekatan ini menempatkan siswa

sebagai penyelesaian masalah autentik, sehingga mampu meningkatkan keterampilan dalam menginterpretasi data eksperimen serta menghubungkan konsep-konsep sains dengan isu lingkungan nyata, misalnya dampak pencemaran udara terhadap kesehatan masyarakat. Berbagai penelitian empiris menunjukkan bahwa PBL berkontribusi signifikan terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains, yang sangat penting untuk menghadapi tantangan masyarakat terkini. Peserta didik yang terlibat dalam pembelajaran berbasis PBL terbukti menunjukkan peningkatan dalam kemampuan analisis data, partisipasi diskusi kelompok, serta pengambilan keputusan berbasis bukti, yang secara keseluruhan mencerminkan penguatan kompetensi pemecahan masalah (Rudibyani et al., 2021).

Dalam konteks pendidikan lingkungan, penerapan PBL juga memberikan hasil yang signifikan. Misalnya, penggunaan yang menggunakan buku cerita bertema lingkungan terbukti mampu meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa (Brown et al., 2019). Integrasi multimedia dan konten digital interaktif ke dalam kerangka PBL semakin memperkaya pengalaman belajar, menjadikannya lebih menarik dan relevan (Sung & Chen, 2019). Media digital, seperti buku cerita interaktif, tidak hanya memikat perhatian siswa, tetapi juga memfasilitasi pemahaman konseptual yang lebih mendalam melalui penyediaan lingkungan belajar relevan dengan kehidupan nyata (Logan et al., 2018).

Lebih jauh, PBL tidak hanya mendukung pemahaman pengetahuan, tetapi juga mendorong pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang penting bagi literasi sains, khususnya di tingkat SMP. Melalui penerapan strategi PBL, guru dapat menciptakan pengalaman belajar yang bermakna, kontekstual, dan memotivasi, sehingga menumbuhkan apresiasi siswa terhadap sains dan penerapannya dalam kehidupan nyata (Song, 2024). Dengan demikian, PBL bukan sekadar salah satu model pembelajaran, tetapi juga sarana untuk memperkuat kemampuan berpikir kritis peserta didik, sekaligus mempersiapkan mereka menghadapi permasalahan-permasalahan kompleks di masyarakat (Ntsobi, 2024).

3.2.2. *Project Based Learning (PjBL)*

Project Based Learning (PjBL) dikenal sebagai model pembelajaran yang menekankan pengalaman belajar melalui proyek nyata yang mendorong kolaborasi, kreativitas, serta tanggung jawab peserta didik. Model PjBL relevan dengan pengembangan literasi sains karena proyek yang dirancang umumnya berkaitan langsung dengan isu-isu sosial dan lingkungan. Integrasi sains dengan permasalahan dunia nyata memungkinkan peserta didik untuk menerapkan pengetahuan ilmiah secara lebih efektif (Fatimah et al., 2023).

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa PjBL berkontribusi signifikan terhadap peningkatan keterlibatan dan hasil belajar peserta didik pada ranah kognitif, afektif, maupun psikomotor, sekaligus memperkuat relevansinya dengan keterampilan abad ke-21. Model pembelajaran ini mendorong peserta didik untuk terlibat dalam diskusi aktif dan pemecahan masalah secara kolaboratif, sehingga keterampilan literasi sains mereka berkembang secara lebih optimal. PjBL juga mendukung pemahaman mendalam terhadap konsep-konsep kompleks serta memfasilitasi peserta didik dalam berinovasi dan menghasilkan produk nyata sebagai refleksi pengalaman belajarnya (Marta et al., 2024).

Lebih lanjut, berbagai penelitian menegaskan bahwa PjBL tidak hanya mengembangkan literasi sains, tetapi juga menumbuhkan *soft skills* penting, seperti kerja sama dan komunikasi, yang sangat dibutuhkan dalam menghadapi tantangan dunia kerja masa kini. Penerapan PjBL yang dipadukan dengan prinsip STEM terbukti mampu meningkatkan motivasi serta hasil akademik peserta didik, sekaligus menciptakan suasana belajar yang mendukung kreativitas dan pemecahan masalah (Fatimah et al., 2023). Dengan mengaitkan pembelajaran sains pada persoalan global yang mendesak, peserta didik tidak hanya mampu mengontekstualisasikan

pengetahuannya, tetapi juga terdorong untuk lebih adaptif dan berinisiatif dalam menghadapi permasalahan nyata, sejalan dengan tujuan pendidikan modern.

3.2.3. Pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*)

Penelitian mengenai pendekatan pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) menunjukkan bahwa integrasi berbagai disiplin ilmu dapat mendukung pengembangan keterampilan pada peserta didik, termasuk literasi sains. Penerapan metode pembelajaran STEM membantu siswa menghubungkan konsep-konsep dari bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika untuk menyelesaikan masalah nyata, yang selaras dengan fase perkembangan kognitif siswa SMP (Sujarwanto, 2023). Pendekatan ini tidak hanya menumbuhkan kemampuan berpikir sistematis, tetapi juga memperkuat keterampilan dalam mengaitkan teori dengan praktik, sehingga secara langsung berkontribusi terhadap penguatan literasi sains (Rambe et al., 2024).

Dalam konteks pendidikan SMP, penerapan STEM memiliki peranan penting karena siswa berada pada tahap perubahan dari pola pikir konkret menuju abstrak. Implementasi pembelajaran berbasis proyek STEM, sebagaimana dijelaskan oleh Sujarwanto (2023), mendorong siswa untuk berkolaborasi sekaligus memperkuat penerapan teori dalam situasi nyata. Hal ini sejalan dengan temuan Sumarlina et al. (2024) yang menunjukkan bahwa keterlibatan siswa dalam proyek STEM mampu meningkatkan partisipasi, antusiasme, serta keterampilan komunikasi ilmiah, yang merupakan bagian penting dari literasi sains di era global.

Melalui pendekatan STEM, siswa tidak hanya dilatih secara konseptual, tetapi juga diarahkan untuk mengimplementasikan konsep ilmiah dalam kehidupan sehari-hari. Proses ini memungkinkan siswa membangun pemahaman ilmiah yang lebih mendalam sekaligus meningkatkan literasi sains dengan mengaitkan pengetahuan yang dipelajari dengan tantangan dunia nyata (Baladan et al., 2021). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa proyek STEM di sekolah terbukti meningkatkan hasil belajar sekaligus memperkuat kemampuan literasi sains, karena siswa terbiasa menganalisis, memecahkan masalah, dan membuat keputusan berbasis bukti ilmiah (Nuragnia et al., 2021; Sumarlina et al., 2024). Efektivitas tersebut menjadikan pembelajaran STEM semakin berkembang sebagai strategi pendidikan yang relevan untuk membekali siswa dengan literasi sains sesuai tuntutan abad ke-21 (Sujarwanto, 2023).

Selain itu, keberhasilan pembelajaran STEM juga sangat ditentukan oleh kapasitas guru dalam merancang dan melaksanakan pembelajaran terpadu antar disiplin ilmu. Oleh karena itu, pelatihan bagi guru menjadi penting untuk memperkuat pemahaman konseptual dan keterampilan pedagogis mereka. Dalam konteks ini, Anggrella et al. (2024) menyatakan bahwa pengembangan kompetensi guru melalui pelatihan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) juga dapat menjadi alternatif yang lebih holistik. Integrasi unsur seni (*arts*) dalam STEAM dinilai mampu memperluas kreativitas guru dalam mendesain *deep learning* yang bermakna dapat mendukung literasi sains siswa. Peningkatan kualitas pengajaran terbukti berkontribusi langsung pada kemampuan siswa dalam memahami, menginterpretasikan, dan mengomunikasikan konsep ilmiah, yang merupakan inti dari literasi sains. Dengan demikian, adopsi pendekatan STEM maupun STEAM secara lebih luas dalam sistem pendidikan nasional diharapkan tidak hanya meningkatkan pencapaian akademik, tetapi juga memperkuat literasi sains peserta didik (Nuragnia et al., 2021).

3.2.4. Inquiry Learning

Inquiry Learning merupakan suatu pendekatan pembelajaran yang berpusat pada siswa dengan menempatkan mereka sebagai peneliti aktif. Proses pembelajaran ini mencakup kegiatan mengajukan pertanyaan, merumuskan hipotesis, melakukan eksperimen, hingga menarik kesimpulan. Dalam konteks literasi sains, *Inquiry Learning* mendorong siswa untuk

mampu menjelaskan fenomena ilmiah dan mengevaluasi bukti yang diperoleh dari hasil eksperimen. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran ini mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis, pemahaman konseptual, serta sikap positif terhadap sains (Cahyani & Sari, 2023; Dhani & Agustinah, 2023; Melania & Yonata, 2022).

Lebih lanjut, *guided inquiry* terbukti efektif dalam mengembangkan keterampilan proses sains yang esensial, seperti kemampuan melakukan observasi, menafsirkan data, dan mengkomunikasikan hasil penelitian (A. K. Pratiwi et al., 2021; Wahyuni et al., 2022). Pendekatan ini tidak hanya membantu siswa dalam memperoleh pengetahuan ilmiah, tetapi juga dapat mengeksplorasi dan memahami lingkungan sekitar siswa. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa siswa yang terlibat dalam pembelajaran berbasis *guided inquiry* menunjukkan peningkatan literasi sains yang signifikan, termasuk kemampuan dalam menerapkan konsep-konsep sains pada berbagai konteks kehidupan nyata. Temuan tersebut memperkuat posisi *Inquiry Learning* sebagai salah satu model pembelajaran strategis, terutama dalam meningkatkan kompetensi literasi sains melalui penalaran berbasis bukti dan berpikir logis (Purba et al., 2024; Wahyuni et al., 2022).

3.2.5. *Discovery Learning*

Discovery Learning merupakan salah satu model pembelajaran yang efektif karena menekankan partisipasi aktif siswa melalui proses penemuan pengetahuan secara mandiri, khususnya dalam konteks literasi sains. Pendekatan ini menegaskan pentingnya keterlibatan siswa dalam kegiatan eksplorasi dan observasi untuk menemukan konsep serta hubungan yang melekat dalam proses penyelidikan ilmiah. Penelitian menunjukkan bahwa *Discovery Learning* berkontribusi secara signifikan dalam meningkatkan kreativitas, kemandirian, serta keterampilan berpikir divergen siswa, yang merupakan aspek penting dalam pemecahan masalah pada berbagai bidang sains (Rosnidar et al., 2021).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Irawan et al., (2019) mengungkapkan bahwa *Discovery Learning* dapat memperkuat pemahaman konseptual sekaligus menumbuhkan sikap positif terhadap sains pada siswa yang sedang berada dalam tahapan transisi pembelajaran. Lebih jauh, kerangka pembelajaran ini terbukti mampu meningkatkan keterampilan berpikir kreatif, sejalan dengan tujuan literasi sains yang menekankan kemampuan memecahkan masalah secara inovatif. Model ini mendorong keterlibatan aktif siswa dalam menghubungkan pengetahuan teoritis dengan pengalaman praktis, sehingga menghasilkan pemahaman terhadap prinsip-prinsip sains yang lebih mendalam dan bermakna.

Penelitian lain dari Maladerita et al., (2023) menyatakan bahwa *Discovery Learning* sangat efektif dalam menumbuhkan kompetensi berpikir kritis yang esensial bagi literasi sains. Keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran berbasis penemuan membekali mereka dengan keterampilan integratif untuk merancang solusi kreatif terhadap permasalahan nyata. Hal ini memberikan implikasi penting bagi pengembangan kurikulum yang berorientasi pada penguasaan disiplin sains secara aplikatif (Ardila et al., 2022; Dermawan & Sunarno, 2018).

Secara keseluruhan, berbagai model pembelajaran memiliki pengaruh yang berbeda dalam pengembangan literasi sains siswa. *Problem-Based Learning* (PBL) dinilai berpotensi karena menekankan pada pemecahan masalah nyata yang mendorong siswa untuk menghubungkan konsep ilmiah dengan konteks kehidupan sehari-hari. Melalui proses tersebut, siswa tidak hanya dilatih untuk berpikir kritis dan analitis, tetapi juga diarahkan untuk menguasai kompetensi literasi sains yang relevan, khususnya kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah, merancang serta mengevaluasi penyelidikan ilmiah, dan mengambil keputusan berbasis informasi dalam menghadapi permasalahan lingkungan (OECD, 2025). Di sisi lain, *Project-Based Learning* (PjBL) berperan penting dalam menumbuhkan kreativitas dan keterlibatan aktif siswa melalui proyek kontekstual yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Kemudian

pembelajaran dengan menggunakan STEM dapat memperkuat dimensi interdisipliner dalam literasi sains dengan mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika, sehingga siswa mampu menghubungkan berbagai konsep secara lebih komprehensif. Sementara itu, *Inquiry Learning* dan *Discovery Learning* membangun keterampilan proses sains, sikap ilmiah, serta kemampuan siswa untuk mengeksplorasi pengetahuan secara mandiri.

Dengan mempertimbangkan keunggulan dan keterbatasan masing-masing model, pemilihan model pembelajaran seyogianya dilakukan secara fleksibel dan kontekstual sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Sinergi antara berbagai model pembelajaran tersebut dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna, komprehensif, dan berorientasi pada penguatan literasi sains yang diperlukan untuk menghadapi tantangan kompleks abad ke-21.

3.3. Indikator Literasi Sains yang Dikembangkan

Indikator literasi sains yang digunakan dalam penelitian ini merujuk pada kerangka PISA Framework 2025 yang mencakup enam kompetensi utama. Tiga kompetensi sains meliputi kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah, menyusun serta mengevaluasi desain penyelidikan ilmiah, dan meneliti, mengevaluasi, serta menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan. Sementara itu, tiga kompetensi ilmu lingkungan mencakup kemampuan menjelaskan dampak interaksi manusia dengan sistem bumi, membuat keputusan berdasarkan informasi untuk memperbaiki lingkungan, serta menunjukkan rasa hormat terhadap keberagaman perspektif dalam mencari solusi atas krisis sosio-ekologis (OECD, 2025).

Dalam konteks pendidikan SMP, penguatan indikator literasi sains sangat penting karena jenjang ini merupakan tahap perubahan menuju pemahaman sains yang lebih kompleks. Prinsip ini sejalan dengan konsep *deep learning* yang menekankan pemahaman mendalam, keterhubungan antar-konsep, dan pengetahuan dalam situasi kehidupan nyata siswa. (Gallay, Flanagan, et al., 2021; Wibowo et al., 2024). Hal ini mengindikasikan bahwa siswa perlu berpartisipasi aktif dalam menghubungkan konsep ilmiah dengan masalah nyata, seperti isu perubahan iklim dan pencemaran lingkungan, sehingga mereka tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu menggunakannya dalam pengambilan keputusan (Hussim et al., 2024).

Beberapa penelitian menegaskan efektivitas model pembelajaran inovatif dalam mendukung pencapaian indikator literasi sains. *Problem-Based Learning* (PBL), misalnya, terbukti mampu melatih siswa menjelaskan fenomena ilmiah sekaligus mengembangkan keterampilan berpikir kritis melalui pemecahan masalah nyata (Hanafiah, 2024; Núñez et al., 2023). Sementara itu, *Project-Based Learning* (PjBL) tidak hanya meningkatkan keterampilan kolaboratif dan kreatif, tetapi juga relevan dalam menghadapi isu-isu lingkungan yang membutuhkan solusi aplikatif (Anggereini et al., 2023; Gallay, Brighente, et al., 2021).

Selain itu, integrasi pendidikan STEM dan *Inquiry Learning* juga berperan besar dalam memperkuat indikator penelitian ilmiah, evaluasi data, serta pengambilan keputusan berbasis bukti. Pendekatan ini mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan investigatif yang memperluas pemahaman mereka terhadap isu lingkungan (Carlina & Djukri, 2018; Chen, 2015; Rachman & Matsumoto, 2023). Berbagai model pembelajaran tersebut, baik yang berbasis proyek maupun masalah, telah terbukti efektif meningkatkan literasi sains siswa dengan cara membekali mereka alat berpikir yang valid untuk memahami sekaligus menyelesaikan persoalan nyata (Ahmad, 2021; Lestari et al., 2024).

3.4. Relevansi dengan Pembelajaran Mendalam

Model pembelajaran yang berorientasi pada keterlibatan aktif siswa, seperti *Problem-Based Learning* (PBL), *Project-Based Learning* (PjBL), *STEM Education*, *Inquiry Learning*, dan *Discovery Learning*, memiliki relevansi yang signifikan terhadap pengembangan literasi sains sekaligus pembelajaran mendalam (*deep learning*).

Dalam konteks PBL, siswa ditempatkan pada situasi pemecahan masalah yang kontekstual. Hal ini mendorong mereka untuk mengidentifikasi masalah, mengumpulkan data, menganalisis informasi, dan merumuskan solusi. Proses tersebut sejalan dengan dimensi *deep learning* yang menekankan pemahaman, refleksi, serta penerapan konsep dalam konteks nyata (Aziiz & Kurnia, 2024; Fitrianingtyas et al., 2023; N. P. N. Pratiwi, 2023). Penelitian menunjukkan bahwa PBL mampu meningkatkan literasi sains dengan mengasah keterampilan berpikir kritis dan pengambilan keputusan berbasis bukti (Purwanto et al., 2021; Sulistiana & Setiawan, 2022). Dengan dukungan media pembelajaran, keterlibatan siswa dalam PBL semakin optimal sehingga literasi sains mereka dapat berkembang lebih baik. PBL juga mendorong terciptanya *deep learning* yang *meaningful* karena masalah yang dikaji relevan dengan kehidupan sehari-hari siswa, sehingga apa yang dipelajari menjadi penting dan bermanfaat.

Sementara itu, PjBL yang berfokus pada penciptaan produk berbasis proyek juga menunjukkan keterkaitan erat dengan literasi sains. Model ini menuntut kerja sama, kreativitas, dan pemikiran kritis, yang selaras dengan prinsip *deep learning* (Amalia et al., 2024; Fitri et al., 2021; Nisa & Dumiyati, 2023). Melalui PjBL, siswa tidak hanya memahami konsep secara permukaan, tetapi juga mengalami proses belajar yang mendalam, mencakup eksplorasi dan integrasi antar-disiplin. Penelitian membuktikan bahwa PjBL mampu mengaitkan sains dengan isu lingkungan maupun sosial, sehingga memperkuat pemahaman ilmiah siswa secara aplikatif (Kamil et al., 2023; Purwanto et al., 2021; Simbolon et al., 2025). Dengan adanya pembelajaran yang berbasis proyek, PjBL menumbuhkan *deep learning* yang *joyful* karena menghadirkan pembelajaran yang kolaboratif, kreatif, dan menyenangkan.

Pendekatan STEM berperan dalam mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika, yang mencerminkan prinsip *deep learning* dengan menekankan kolaborasi lintas disiplin (Amelia et al., 2025; Dwijantie, 2025; Pitri, 2023). Melalui pendekatan ini, literasi sains diperkuat karena siswa dilatih untuk menghubungkan konsep dengan fenomena nyata serta menemukan solusi inovatif terhadap persoalan kompleks. STEM juga berkontribusi pada *deep learning* yang *meaningful* dengan memberikan konteks kehidupan nyata siswa dalam pembelajaran, sekaligus menumbuhkan *mindful learning* karena siswa diajak merefleksikan proses berpikirnya saat memecahkan masalah dunia nyata (Ekaputra, 2025; Sari et al., 2023).

Selanjutnya, *Inquiry Learning* menekankan proses penyelidikan ilmiah yang melibatkan perumusan pertanyaan, pengembangan hipotesis, hingga pengujian melalui eksperimen (Muspawi et al., 2023; Prastyawati & Hanum, 2015). Melalui tahapan tersebut, siswa tidak hanya memperoleh pemahaman konseptual, tetapi juga membangun pengetahuan melalui berpikir ilmiah berbasis bukti. Sejalan dengan itu, penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran *inquiry* efektif dalam meningkatkan literasi sains dengan melatih siswa mengevaluasi data, menarik kesimpulan, dan mengomunikasikan hasil penyelidikan (Nisa & Dumiyati, 2023; Sulistiana & Setiawan, 2022). Model ini berhubungan erat dengan *deep learning* yang *mindful*, karena siswa dilatih untuk fokus pada proses, mengenali kekuatan dan kelemahan berpikir, serta merefleksikan langkah-langkah ilmiah yang mereka tempuh.

Adapun *Discovery Learning* menekankan kemandirian siswa dalam menemukan konsep melalui eksplorasi aktif, yang relevan dengan prinsip *deep learning* (Marichah, 2017). Model ini mendorong pengembangan sikap ilmiah, kreativitas, dan kemampuan memandang kesalahan sebagai peluang belajar. Penelitian menunjukkan bahwa penerapan *Discovery Learning* dapat meningkatkan kreativitas serta keterampilan pemecahan masalah siswa secara signifikan (Dela et al., 2024; Khotimah, 2025). *Discovery Learning* berkontribusi pada *deep learning* yang *joyful* karena memberi ruang kebebasan bagi siswa untuk bereksperimen, sekaligus *mindful* karena siswa dilibatkan dalam refleksi atas pengalaman belajarnya.

Secara keseluruhan, kelima model pembelajaran tersebut berkontribusi besar terhadap penguatan literasi sains siswa melalui pendekatan yang mendalam, kolaboratif, reflektif, dan

aplikatif. Integrasi konsep *deep learning* yang *meaningful*, *mindful*, dan *joyful* membuat proses pembelajaran tidak hanya memperkaya pemahaman konseptual, tetapi juga menumbuhkan motivasi, kesadaran diri, dan suasana belajar yang menyenangkan. Dengan demikian, PBL, PjBL, STEM, *Inquiry*, dan *Discovery Learning* menjadi strategi komprehensif untuk memfasilitasi transisi siswa dari *surface learning* menuju *deep learning*, sekaligus membekali mereka dengan literasi sains yang relevan dengan tantangan abad ke-21.

4. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M. (2021). Management of Project-Based Learning Model at Sekolah Alam Junior High School. *Al-Ishlah Jurnal Pendidikan*, 13(2), 1152–1159. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v13i2.486>
- Amalia, I., Riandi, R., & Surtikanti, H. K. (2024). Kajian Literature: Penerapan Project Based Learning Terkait Tujuan Pembangunan Berkelanjutan Poin 2 Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Dan Kolaborasi Siswa. *Jurnal Jeumpa*, 11(1), 63–74. <https://doi.org/10.33059/jj.v11i1.9581>
- Amelia, A., Pamungkas, A. S., & Rahayu, I. (2025). Pengaruh Project Based Learning-Steem Dengan Konteks Budaya Banten Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Siswa SMP. *Jurnal Cendekia Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(1), 237–248. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v9i1.3811>
- Anggereini, E., Yelianti, U., & Hermaya, I. (2023). Pro-Environmental Behavior Learning by Using a Mini Research Project and Its Impact on Problem Solving Abilities. *Jpi (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 12(1), 59–67. <https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v12i1.50163>
- Aradia, F. F., Fitri, R., & Helendra, H. (2023). Pengaruh Model Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Literasi Sains Biologi SMA. *Symbiotic Journal of Biological Education and Science*, 4(1), 10–17. <https://doi.org/10.32939/symbiotic.v4i1.83>
- Ardila, M., Sitorus, M., Sudrajat, A., & Situmorang, M. (2022). *Implementation of Discovery Learning Resources in Teaching Cation Analysis to Improve Higher Order Thinking Skills and Student Learning Outcomes*. <https://doi.org/10.4108/eai.20-9-2022.2324793>
- Asrizal, A., Usmeldi, & Azriyanti, R. (2023). Meta-Analysis of the Influence of the STEM-Integrated Learning Model on Science Learning on 21st Century Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa*, 9(8), 339–347. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i8.3094>
- Aziiz, M. S. A., & Kurnia, D. (2024). Model Pembelajaran PBL (Problem Based Learning) Dan PBJL (Project Based Learning). *Rayah Al-Islam*, 8(4), 2386–2400. <https://doi.org/10.37274/rais.v8i4.1213>
- Baladan, W., Sukadi, S., Mardiani, M., & Iswardhany, R. (2021). Pengaruh Pembelajaran Daring Dan Motivasi Belajar Di Masa Pandemi Covid-19 Terhadap Prestasi Belajar Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan. *Indonesian J. Build. Eng.*, 1(2), 49–60. <https://doi.org/10.17509/jptb.v1i2.41001>
- Benek, İ., & Akçay, B. (2022). The Effects of Socio-Scientific STEM Activities on 21st Century Skills of Middle School Students. *Participatory Educational Research*, 9(2), 25–52. <https://doi.org/10.17275/per.22.27.9.2>
- Brown, E. R., Imron, M. A., Campera, M., & Nekaris, K. A. I. (2019). Testing Efficacy of a Multi-Site Environmental Education Programme in a Demographically and

- Biologically Diverse Setting. *Environmental Conservation*, 47(1), 60–66. <https://doi.org/10.1017/s0376892919000389>
- Cahyani, K. N., & Sari, D. A. P. (2023). Implementation of Guided Inquiry Model to Improve Students Science Literacy on Earth and Their Satellites Material. *Jurnal Pijar Mipa*, 18(4), 578–585. <https://doi.org/10.29303/jpm.v18i4.5221>
- Carlina, E. & Djukri. (2018). Science Project-Based Learning Integrated With Local Potential to Promote Student's Environmental Literacy Skills. *Advanced Journal of Social Science*, 4(1), 1–7. <https://doi.org/10.21467/ajss.4.1.1-7>
- Chen, Z. (2015). *Active Learning Through Combination of Project-Based Learning With Problem-Based Learning in Engineering Education*. <https://doi.org/10.2991/icsshe-15.2015.59>
- Dela, S. A., Firdaus, E., & Utami, I. I. S. (2024). Analisis Penggunaan Model Pembelajaran Dalam Mempelajari IPAS Di Sekolah Dasar Yang Berdiferensiasi. *Jurnal Basicedu*, 8(5), 3740–3749. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i5.8248>
- Dermawan, Z., & Sunarno, W. (2018). *The Effect of Discovery Learning Model With Scaffolding on Studentsr Cognitive Learning Outcome at Tourism Area in the Special Region of Yogyakarta*. <https://doi.org/10.2991/ictte-18.2018.15>
- Dhani, A. R., & Agustinah, A. (2023). Being a Young Scientist: Does Guided Inquiry Affect Students' Scientific Literacy Skills? *International Research-Based Education Journal*, 5(2), 222. <https://doi.org/10.17977/um043v5i2p222-227>
- Dwijantie, J. S. (2025). Pendekatan Deep Learning Dalam Pembelajaran PAUD. *Edukasiana Jurnal Inovasi Pendidikan*, 4(3), 1238–1246. <https://doi.org/10.56916/ejip.v4i3.1666>
- Ekaputra, F. (2025). Penerapan Project Based Learning Berbasis Gamifikasi Menggunakan Aplikasi Quizizz Dalam Meningkatkan Kolaborasi Dan Komunikasi Mahasiswa. *Judika (Jurnal Pendidikan Unsika)*, 13(1), 15–24. <https://doi.org/10.35706/judika.v13i1.2>
- Fasya, N. K., Sjaifuddin, S., & Kurniasih, S. (2023). Pengembangan Website Pembelajaran Berbasis Literasi Sains Pada Topik Global Warming Siswa Kelas VII SMP. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(2), 367–374. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i2.951>
- Fatimah, H., Yamtinah, S., & Bramastia, B. (2023). Study of Ecology and Biodiversity Learning Based on Project Based Learning-Science Technology Engineering Mathematics (PjBL-STEM) in Empowering Students' Critical Thinking. *Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa*, 9(9), 729–736. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.3688>
- Fatmawati, D. D., & Shofiyah, N. (2022). Penerapan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Science Technology Engineering Mathematics Dengan Model Problem Based Learning Sebagai Alternatif Solusi Untuk Melatih Kemampuan Literasi Sains Siswa. *Eduproxima Jurnal Ilmiah Pendidikan Ipa*, 4(2), 89–99. <https://doi.org/10.29100/eduproxima.v4i2.2142>
- Fitri, Z., Akbar, M. Z., & Ula, M. (2021). Penerapan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Blended Untuk Meningkatkan Kualitas Belajar Siswa Di SMKN 3 Lhokseumawe. *Sisfo Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, 5(1). <https://doi.org/10.29103/sisfo.v5i1.4857>
- Fitrianingtyas, A., Rasmani, U. E. E., Wahyuningsih, S., Jumiatmoko, J., Zuhro, N. S., Winarji, B., & Nurjanah, N. E. (2023). Mengembangkan Pendidikan Karakter Melalui Pembelajaran Berbasis Proyek Di PAUD. *Jurnal Obsesi Jurnal Pendidikan Anak Usia*

- Dini, 7(5), 5675–5686. <https://doi.org/10.31004/obsesi.v7i5.4970>
- Gallay, E., Brighente, M. F., Flanagan, C. A., & Lowenstein, E. (2021). Place-based Civic Science—Collective Environmental Action and Solidarity for Eco-resilience. *Child and Adolescent Mental Health*, 27(1), 39–46. <https://doi.org/10.1111/camh.12537>
- Gallay, E., Flanagan, C. A., & Parker, B. (2021). Place-Based Environmental Civic Science: Urban Students Using STEM for Public Good. *Frontiers in Education*, 6. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.693455>
- Gündüz, A. Y. (2023). The Importance of Investigating Students' Lifelong Learning Levels and Perceptions of 21st-Century Skills. *International E-Journal of Educational Studies*, 7(15), 788–796. <https://doi.org/10.31458/iejes.1346220>
- Hanafiah, N. A. H. (2024). Integrating Service Learning in Higher Education for Enhanced Environmental Consciousness in Yan, Kedah. *Journal of Governance and Development (Jgd)*, 20(2), 195–216. <https://doi.org/10.32890/jgd2024.20.2.2>
- Hardjo, F. N., Permanasari, A., & Permana, I. (2019). Meningkatkan Literasi Sains Siswa Kelas 7 Melalui Pembelajaran Inkuiri Menggunakan Bahan Ajar Berbasis Proyek Pada Materi Energi. *Journal of Science Education and Practice*, 2(2), 1–9. <https://doi.org/10.33751/jsep.v2i2.1393>
- Herman, H., Nurfathurrahmah, N., Ferawati, F., Ariyansyah, A., & Suryani, E. (2022). Penerapan Model Problem Based Learning (Pbl) Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Literasi Sains Siswa SMP Kelas Viii. *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, 8(4). <https://doi.org/10.58258/jime.v8i4.4068>
- Hidayatullah, Z., Wilujeng, I., Nurhasanah, N., Gusemanto, T. G., & Makhrus, Muh. (2021). Synthesis of the 21st Century Skills (4C) Based Physics Education Research in Indonesia. *Jipf (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 6(1), 88. <https://doi.org/10.26737/jipf.v6i1.1889>
- Hussim, H., Rosli, R., & Erdogan, N. (2024). Incorporating Environmental Elements in Learning STEM: A Systematic Literature Review. *International Journal of Social Science Research*, 13(1), 1. <https://doi.org/10.5296/ijssr.v13i1.22353>
- Intan, N., Pikoli, M., & Uloli, R. (2023). Analisis Kemampuan Literasi Sains Siswa Tentang Sistem Gerak Manusia Di Kelas VIII SMP Kota Gorontalo. *Jurnal Jendela Pendidikan*, 3(02), 262–271. <https://doi.org/10.57008/jjp.v3i02.441>
- Irawan, A., Ruslan, D., & mare, A. S. (2019). The Effects of Learning Models of Discovery Learning and Learning Interest on Social Science Learning Outcomes in Grade VII of Junior High School of Al-Azhar Medan. *Budapest International Research and Critics in Linguistics and Education (Birle) Journal*, 2(3), 74–85. <https://doi.org/10.33258/birle.v2i3.356>
- Kamil, N., Sultan, H., & Ramadhan, S. (2023). Bibliometric Study: Project-Based Learning in Education on Learning Outcomes Scopus Publication 2021-2023. *Jurnal Inovasi Dan Teknologi Pembelajaran*, 10(2), 201–211. <https://doi.org/10.17977/um031v10i22023p201>
- Khotimah, K. (2025). Analisis Penerapan Pendidikan Berbasis Proyek Untuk Mewujudkan Pendidikan Inklusi Di Era Modern. *Learning Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan Dan Pembelajaran*, 5(1), 74–82. <https://doi.org/10.51878/learning.v5i1.4310>
- Kusnadi, I. H., Hizraini, A. A., Aswita, D., Munandar, H., & Fathurohman, A. (2023). The

- Analysis of Online Learning Devices Development Using the PjBL-Steampunk Model to Improve Student Environmental Literacy. *Journal on Education*, 6(1), 2334–2338. <https://doi.org/10.31004/joe.v6i1.3250>
- Lestari, N. A., Susanti, F. M., Madlazim, M., Hariyono, E., & Uulaa, R. F. R. (2024). Integrated Environmental Education Physics Project to Enhance Student Creativity. *Momentum Physics Education Journal*, 8(1), 75–83. <https://doi.org/10.21067/mpej.v8i1.9054>
- Logan, J. A. R., Dynia, J. M., Justice, L. M., & Sawyer, B. E. (2018). Caregiver Implementation of a Home-Based Reading Program With Their Children With Disabilities: Patterns of Adherence. *Learning Disability Quarterly*, 42(3), 135–146. <https://doi.org/10.1177/0731948718786231>
- Mahali, J., Kashardi, K., Irwandi, I., & Hartati, M. S. (2023). Perbedaan Keterampilan Proses Sains Menggunakan Model Pembelajaran PjBL Dan PBL Pada Pembelajaran IPA Di SMP Negeri 02 Seberang Musi. *Ijim*, 1(3), 271–282. <https://doi.org/10.31004/ijim.v1i3.24>
- Maladerita, W., Ananda, A., & Montesori, M. (2023). Discovery Learning: Implementation in Social Learning Assisted Interactive Digital Teaching Materials to Improve Student Learning Outcomes. *International Journal of Humanities Education and Social Sciences (Ijhess)*, 2(4). <https://doi.org/10.55227/ijhess.v2i4.330>
- Marichah, U. (2017). Peningkatan Nilai Karakter Dan Hasil Belajar Fisika Pada Materi Gerak Harmonik Sederhana Dengan Model Project Based Learning Berbasis Multimedia. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 7(2). <https://doi.org/10.26877/jp2f.v7i2.1306>
- Marta, R., Riyanda, A. R., Samala, A. D., Dewi, I. P., & Adi, N. H. (2024). Innovative Learning Strategies: Project-Based Learning Model for Excelling in Visual Programming. *Tem Journal*, 581–598. <https://doi.org/10.18421/tem131-61>
- Maullidyawati, T., & Hidayah, R. (2022). Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Untuk Melatihkan Literasi Sains Peserta Didik Pada Materi Kestimbangan Kimia. *Ar-Razi Jurnal Ilmiah*, 10(1). <https://doi.org/10.29406/ar-r.v10i1.3664>
- Melania, E., & Yonata, B. (2022). Implementation of Guided Inquiry Learning Model to Improve Student Scientific Literacy on Factors Affecting Rate of Reaction Materials. *Jurnal Pijar Mipa*, 17(1), 51–56. <https://doi.org/10.29303/jpm.v17i1.3250>
- Muspawati, M., Mukminin, A., & Putri, R. S. (2023). Upaya Menumbuhkan Minat Berwirausaha Siswa. *Jurnal Sains Sosio Humaniora*, 6(2), 324–366. <https://doi.org/10.22437/jssh.v6i2.22659>
- Naim, N., & Fandyansari, M. W. (2024). PBL Pengaruh Aktivitas Belajar Dalam Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL), Dan Motivasi Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas VIII IPS Di SMP Negeri 12 Malang. *Economic and Education Journal (Ecoducation)*, 5(3), 445–458. <https://doi.org/10.33503/ecoducation.v5i3.3642>
- Nisa, A. K., & Dumiyati, D. (2023). Keterlaksanaan Implementasi Project Based Learning Penguatan Profil Pelajar Terhadap Peningkatan Mutu Pendidikan. *Jurnal Pendidikan Dewantara Media Komunikasi Kreasi Dan Inovasi Ilmiah Pendidikan*, 9(2), 115–122. <https://doi.org/10.55933/jpd.v9i2.633>
- Ntsobi, M. (2024). Science Centres, STI and the Fourth Industrial Revolution. *McEt*. <https://doi.org/10.55162/mcet.06.194>
- Núñez, C. M. V., Valderrama, C. A. E., Cereceda, M. A., Peña, F., Muñoz, M., & Aguilera, J.

- (2023). Environmental Education in Times of Social-Environmental Crisis: Possibilities of Its Inclusion in Occupational Therapy Training, From the Academics' Perspective. *Cadernos Brasileiros De Terapia Ocupacional*, 31. <https://doi.org/10.1590/2526-8910.ctoao268635052>
- Nuragnia, B., Nadiroh, N., & Usman, H. (2021). Pembelajaran Steam Di Sekolah Dasar: Implementasi Dan Tantangan. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 6(2), 187–197. <https://doi.org/10.24832/jpnk.v6i2.2388>
- Pitri, E. (2023). Peningkatan Kompetensi Guru Dalam Merancang Model Project Based Learning Melalui Workshop. *Jurnal Impresi Indonesia*, 2(10), 923–941. <https://doi.org/10.58344/jii.v2i10.3628>
- Prastyawati, L., & Hanum, F. (2015). Pengembangan Model Pembelajaran Pendidikan Multikultural Berbasis Proyek Di Sma. *Harmoni Sosial Jurnal Pendidikan Ips*, 2(1), 21–29. <https://doi.org/10.21831/hsjpi.v2i1.4600>
- Pratama, M. A., Permatasari, I., Pitriani, Y., & Fitri, G. (2024). Efektivitas Model Pembelajaran Project Based Learning Terhadap Kemampuan Literasi Sains Dan Literasi Digital Peserta Didik Madrasah Tsanawiyah. *Jurnal Riset Dan Inovasi Pendidikan Sains (Jrips)*, 3(2). <https://doi.org/10.36085/jrips.v3i2.6585>
- Pratiwi, A. K., Makhrus, Muh., & Zuhdi, M. (2021). The Effectiveness of Learning Media Based on the Guided Inquiry Model to Improve Students Science Literature Skills and Scientific Attitudes. *Jurnal Pijar Mipa*, 16(5), 636–639. <https://doi.org/10.29303/jpm.v16i5.3041>
- Pratiwi, N. P. N. (2023). Penerapan Pendekatan Student Centered Learning (Scl) Pada Pembelajaran Pendidikan Agama Hindu Dan Budi Pekerti Di Sekolah Dasar Negeri 22 Dauh Puri Denpasar. *Japam (Jurnal Pendidikan Agama)*, 3(02), 132–156. <https://doi.org/10.25078/japam.v3i02.2719>
- Purba, M. I., Syahputra, R. A., Purba, J., Sutiani, A., & Silitonga, P. M. (2024). Analysis of Students' Learning Outcomes and Scientific Literacy Activities Using Guided Inquiry and Discovery Learning Models. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Kimia*, 5(2), 102. <https://doi.org/10.24114/jipk.v5i2.55908>
- Purwanto, A., Putri, D. H., & Hamdani, D. (2021). Penerapan Project Based Learning Model Untuk Meningkatkan Sikap Ilmiah Mahasiswa Dalam Rangka Menghadapi Era Merdeka Belajar. *Jurnal Kumparan Fisika*, 4(1), 25–34. <https://doi.org/10.33369/jkf.4.1.25-34>
- Rachman, I., & Matsumoto, T. (2023). Problem and Project-Based Learning as an Effective Environmental Education (EE) Methods: A Case of Textbook Development in Medan City Schools. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*, 7(1), 39–46. <https://doi.org/10.23969/jcbeem.v7i1.7419>
- Rafi'y, Muh., Irawan, F., & Harahap, D. G. S. (2023). Pengembangan Bahan Ajar Interaktif Berbasis Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik. *Indo-Mathedu Intellectuals Journal*, 4(2), 669–682. <https://doi.org/10.54373/imeij.v4i2.243>
- Rambe, A., Nurhakim, Moh., & Amien, S. (2024). Reformasi Pendidikan Muhammadiyah: Pendekatan Inovatif Dalam Menghadapi Tantangan Era Digital. *Jurnal Ilmiah Muqoddimah Jurnal Ilmu Sosial Politik Dan Hummaniora*, 8(2), 806. <https://doi.org/10.31604/jim.v8i2.2024.806-812>

- Rosnidar, R., Yusrizal, Y., Mustafa, M., & Susanna, S. (2021). Application of Discovery Learning Model in Increasing Student Interest and Learning Outcomes. *Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa*, 7(4), 542–548. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i4.745>
- Rudibyani, R. B., Sofya, E., & Efkar, T. (2021). *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Kimia*, 10(3). <https://doi.org/10.23960/jppk.v10.i3.2021.14>
- Sari, N. W., Sholikhah, L. Z., Fakhriyah, F., & Ismaya, E. A. (2023). Systematic Literatur Review (SLR): Pengaruh Media Pembelajaran Project Based Learning Terhadap Kreativitas Siswa Pada Hasil Belajar IPA Sekolah Dasar. *Peshum*, 2(5), 814–825. <https://doi.org/10.56799/peshum.v2i5.2021>
- Shofiyah, N., & Faizah, N. A. (2018). Profil Literasi Sains Siswa Di SMP Negeri Perkotaan Dan Pedesaan. *Sej (Science Education Journal)*, 2(1), 25–35. <https://doi.org/10.21070/sej.v2i1.2157>
- Simbolon, K. T., Piter, J., Padang, H., Sari, D. P., & Melati, Y. S. (2025). Meningkatkan Nilai Karakter Mahasiswa Melalui Penerapan Model Pembelajaran Projek Based Learning Di Stkip Pangeran Antasari. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 8(1), 2846–2852. <https://doi.org/10.31004/jrpp.v8i1.42958>
- Siswanto, S., Trisnowati, E., Firmadani, F., Haryati, S., Aryanti, D., & Andrianto, H. N. (2020). Workshop on Inquiry Learning Based Virtual Laboratory in Magelang for Preparing Natural Sciences Teacher in 21st Century: An Evaluation of Implementation's Program. *Indonesian Journal of Education and Learning*, 3(2), 367. <https://doi.org/10.31002/ijel.v3i2.3036>
- Song, X. (2024). An Interview-Based Study of the Factors Influencing the Quality of Professional Training of Science Education Graduates. *Journal of Contemporary Educational Research*, 8(1), 147–153. <https://doi.org/10.26689/jcer.v8i1.6014>
- Sujarwanto, E. (2023). Prinsip Pendidikan STEM Dalam Pembelajaran Sains. *Briliant Jurnal Riset Dan Konseptual*, 8(2), 408. <https://doi.org/10.28926/briliant.v8i2.1258>
- Sulistiana, P., & Setiawan, R. (2022). Analisis Model Pembelajaran Project Based Learning Dalam Perspektif Sosiologi Pendidikan. *Jurnal Pendidikan Sosiologi Undiksha*, 4(1), 45–53. <https://doi.org/10.23887/jpsu.v4i1.48820>
- Sumarlina, R., Saleh, Y. T., & Pratiwi, A. S. (2024). Efektivitas Proyek Parasut Menggunakan Pendekatan <i>Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics (STEAM)</i> Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Materi Bangun Datar Kelas IV SDN Karanganyar. *Edukasi Temat. J. Pendidik. Sekol. Dasar*, 5(2), 39–43. <https://doi.org/10.59632/edukasitematik.v5i2.458>
- Sung, H., & Chen, S. (2019). "The Screen Shows Movement – Movement Is Interesting!" Exploring Effects of Multimedia Stories on Preschool Children's Story Comprehension and Enjoyment. *Library Hi Tech*, 37(2), 168–182. <https://doi.org/10.1108/lht-04-2018-0057>
- Wahyuni, L., Amelia, E., & Wahyuni, I. (2022). The Effect of Guided Inquiry Learning Model Through the Utilization of School Environment Towards Students' Scientific Literacy on Biodiversity Concepts. *International Journal of Biology Education Towards Sustainable Development*, 2(1), 44–52. <https://doi.org/10.53889/ijbetsd.v2i1.131>
- Wibowo, A., Utaya, S., Wahjoedi, W., Zubaidah, S., Amin, S., & Prasad, R. R. (2024). Critical Thinking and Collaboration Skills on Environmental Awareness in Project-Based

- Science Learning. *Jurnal Pendidikan Ipa Indonesia*, 13(1), 103–115. <https://doi.org/10.15294/jpii.v13i1.48561>
- Yani, Y., Fajra, T. N., & Yulisma, L. (2023). Implementasi Model Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Dan Berpikir Kreatif. *Bioed Jurnal Pendidikan Biologi*, 11(1), 39. <https://doi.org/10.25157/jpb.v11i1.10161>
- Yenzi, I. P., Mujahidawati, M., & Novferma, N. (2023). Pengembangan Komik Matematika Berbasis Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Matematis Siswa. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(4), 1114–1125. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i4.1303>
- Yuniarti, N. N., Pamungkas, S. J., & Sukmawati, I. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) Terhadap Pemahaman Konsep Pada Materi Virus Dan Literasi COVID-19 Siswa SMAN 5 Kota Magelang. *Jurnal Sains Dan Edukasi Sains*, 5(2), 63–71. <https://doi.org/10.24246/juses.v5i2p63-71>
- Zainil, M., Kenedi, A. K., Rahmatina, Indrawati, T., & Handrianto, C. (2022). 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. *Journal of Education and E-Learning Research*, 10(1), 29–35. <https://doi.org/10.20448/jeelr.v10i1.4336>