



Pengembangan Modul Ajar IPA Berbasis Literasi Sains untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

Ilhamdi, Muhali*, Ika Nurani Dewi, Nova Kurnia

Program Studi Magister Pendidikan IPA, Universitas Pendidikan Mandalika, Jl. Pemuda

No.59A, Mataram, Indonesia 83125.

Email Korespondensi: muhali@undikma.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul ajar IPA berbasis literasi sains yang layak dan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang meliputi tahap *analysis*, *design*, *development*, *implementation*, dan *evaluation*. Uji efektivitas dilakukan menggunakan desain *One Group Pretest-Posttest* pada 20 siswa kelas VIII MTs Miftahul Hidayah Montong. Data dikumpulkan melalui lembar validasi ahli dan tes keterampilan berpikir kritis. Validasi ahli digunakan untuk menilai kelayakan modul, sedangkan tes diberikan dalam bentuk *pretest* dan *posttest* untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah penggunaan modul. Data dianalisis menggunakan persentase kelayakan, uji normalitas, *Paired Sample T-Test*, dan N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul ajar memperoleh rerata validasi sebesar 84,55%, sehingga termasuk dalam kategori sangat layak. Hasil uji efektivitas menunjukkan peningkatan nilai rata-rata dari 47 pada *pretest* menjadi 79,5 pada *posttest*. Hasil *Paired Sample T-Test* menunjukkan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$, yang berarti terdapat perbedaan signifikan antara keterampilan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah penggunaan modul. Selain itu, nilai N-Gain sebesar 0,615 berada pada kategori sedang. Dengan demikian, modul ajar IPA berbasis literasi sains dinyatakan sangat layak dan cukup efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran IPA.

Kata kunci: Berpikir Kritis; Literasi Sains; Modul Ajar IPA; Research and Development.

Development of a Scientific Literacy-Based Science Teaching Module to Improve Students' Critical Thinking Skills

Abstract

This study aimed to develop a science teaching module based on scientific literacy that is feasible and effective in improving students' critical thinking skills. The study employed a Research and Development (R&D) approach using the ADDIE development model, which consists of five stages: analysis, design, development, implementation, and evaluation. The effectiveness test was conducted using a one-group pretest-posttest design involving 20 eighth-grade students at MTs Miftahul Hidayah Montong. Data were collected through expert validation sheets and critical thinking tests. Expert validation was used to determine the feasibility of the developed module, while the critical thinking test was administered as a pretest and posttest to examine students' improvement after using the module. The data were analyzed using feasibility percentages, normality testing, paired sample t-test, and N-Gain analysis. The results showed that the science teaching module obtained an average validation score of 84.55%, indicating that it was highly feasible for classroom use. The effectiveness test showed an increase in students' mean score from 47 in the pretest to 79.5 in the posttest. The paired sample t-test result showed a significance value of $0.000 < 0.05$, indicating a significant difference in students' critical thinking skills before and after using the module. Furthermore, the N-Gain score of 0.615 was categorized as moderate. Therefore, the science teaching module based on scientific literacy is considered highly feasible and moderately effective in improving students' critical thinking skills in science learning.

Keywords: Critical Thinking; Scientific Literacy; Science Teaching Module; Research and Development.

How to Cite: Ilhamdi, I., Muhali, M., Dewi, I. N., & Kurnia, N. (2026). Pengembangan Modul Ajar IPA Berbasis Literasi Sains untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Empiricism Journal*, 7(1), 600-615. <https://doi.org/10.36312/ej.v7i1.5151>



<https://doi.org/10.36312/ej.v7i1.5151>

Copyright© 2026, Ilhamdi et al.

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) License.



PENDAHULUAN

Pendidikan sains pada jenjang sekolah menengah tidak lagi dapat dipahami hanya sebagai proses penyampaian konsep, hukum, atau fakta ilmiah kepada siswa. Dalam konteks pendidikan abad ke-21, pembelajaran sains diarahkan untuk membentuk peserta didik yang mampu memahami fenomena alam secara rasional, menggunakan bukti dalam mengambil

keputusan, serta menerapkan pengetahuan ilmiah untuk menyelesaikan persoalan kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, pendidikan sains perlu mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, terutama keterampilan berpikir kritis, yang menjadi dasar bagi siswa untuk menilai informasi, membangun argumen, memecahkan masalah, dan mengambil keputusan secara bertanggung jawab. Pembelajaran IPA yang bermakna harus memberi ruang bagi siswa untuk mengamati fenomena, mengajukan pertanyaan, menganalisis data, mengevaluasi bukti, serta menghubungkan konsep ilmiah dengan konteks nyata. Dalam kerangka ini, literasi sains menjadi salah satu kompetensi utama yang perlu dikembangkan melalui pembelajaran IPA.

Literasi sains merupakan kemampuan individu untuk memahami konsep dan proses ilmiah, mengevaluasi informasi berbasis bukti, serta menggunakan pengetahuan sains dalam konteks personal, sosial, dan global. Literasi sains membantu siswa tidak hanya memahami konsep-konsep IPA, tetapi juga menafsirkan fenomena, menganalisis informasi, dan menerapkan pengetahuan ilmiah dalam kehidupan sehari-hari (Bayu et al., 2023; Suprianti et al., 2021). Salah satu dimensi penting dalam literasi sains adalah sains sebagai cara berpikir (*science as a way of thinking*) dan keterkaitan antara sains, teknologi, masyarakat, serta lingkungan (Ulfa & Sutiani, 2021). Dengan demikian, literasi sains tidak dapat dipisahkan dari kemampuan siswa untuk berpikir secara kritis, karena keduanya sama-sama menekankan penalaran berbasis bukti, evaluasi informasi, dan kemampuan membuat kesimpulan ilmiah. Kerangka literasi sains PISA juga menegaskan bahwa siswa perlu mampu menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah, serta menafsirkan data dan bukti secara ilmiah (Dianti & Sueb, 2022; Arastaman et al., 2024; Cao et al., 2024). Kompetensi tersebut menunjukkan bahwa literasi sains merupakan fondasi penting dalam pengembangan keterampilan berpikir kritis siswa.

Keterampilan berpikir kritis berperan penting dalam pembelajaran IPA karena memungkinkan siswa untuk memahami permasalahan secara mendalam, mengidentifikasi hubungan sebab-akibat, mengevaluasi kebenaran informasi, dan menyusun kesimpulan berdasarkan bukti. Berpikir kritis dapat dipahami sebagai proses terstruktur dalam menilai, membuat keputusan, memecahkan masalah, dan membentuk keyakinan berdasarkan alasan yang kuat (Puspita & Dewi, 2021). Hamdu et al. (2023) menjelaskan bahwa berpikir kritis merupakan proses yang berawal dari permasalahan dan berakhir pada solusi serta interpretasi diri. Sejalan dengan itu, Ennis memandang berpikir kritis sebagai aktivitas berpikir tingkat tinggi yang mencakup kemampuan menganalisis, mensintesis, mengenali masalah, merumuskan pemecahan masalah, menarik kesimpulan, dan mengevaluasi. Fisher juga menegaskan bahwa berpikir kritis berkaitan dengan evaluasi aktif dan cermat terhadap suatu keyakinan atau pengetahuan baru berdasarkan alasan yang mendukungnya (Suwastikasari & Ridlo, 2023). Dalam pembelajaran IPA, keterampilan ini diperlukan agar siswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi mampu mempertanyakan, membandingkan, menguji, dan menggunakan informasi ilmiah secara tepat.

Meskipun literasi sains dan berpikir kritis merupakan kompetensi penting dalam pembelajaran IPA, berbagai temuan menunjukkan bahwa kemampuan siswa Indonesia pada aspek tersebut masih perlu ditingkatkan. Hasil survei PISA yang dirujuk oleh Wangsa et al. (2021) menunjukkan bahwa Indonesia memperoleh skor rata-rata sains sebesar 403 dan berada pada peringkat ke-62. Temuan ini mengindikasikan bahwa kemampuan siswa dalam memahami, menafsirkan, dan menggunakan informasi ilmiah masih belum optimal. Hasil TIMSS 2015 juga menunjukkan bahwa siswa Indonesia relatif mampu menyelesaikan soal yang berkaitan dengan pengetahuan dasar, fakta, dan pemahaman sehari-hari, tetapi masih mengalami kesulitan dalam menyelesaikan soal yang menuntut kemampuan berpikir tingkat tinggi, seperti menarik kesimpulan, menghubungkan informasi, dan berpikir kritis (Puspendik-Kemendikbud, 2016). Di tingkat sekolah menengah, rendahnya keterampilan berpikir kritis juga dikaitkan dengan kurangnya keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran yang dapat mengoptimalkan potensi berpikir mereka (Nuryanti et al., 2018). Siswa cenderung lebih terbiasa menghafal informasi daripada mengaitkan, menganalisis, dan mengembangkan informasi tersebut secara kritis (Pujiastuti, 2023).

Permasalahan tersebut menunjukkan perlunya inovasi pembelajaran IPA yang mampu menggeser orientasi pembelajaran dari sekadar penguasaan konsep menuju pengembangan kemampuan bernalar ilmiah. Salah satu strategi yang dapat digunakan adalah

pengembangan modul ajar berbasis literasi sains. Modul ajar memiliki peran penting sebagai perangkat pembelajaran yang membantu guru menyusun aktivitas belajar secara sistematis, terarah, dan sesuai dengan capaian pembelajaran. Modul yang dirancang dengan baik dapat memandu siswa untuk belajar secara mandiri maupun kolaboratif melalui kegiatan yang menuntut eksplorasi, analisis, refleksi, dan pemecahan masalah. Jika dikembangkan dengan pendekatan literasi sains, modul ajar dapat memfasilitasi siswa untuk memahami fenomena IPA melalui konteks nyata, mengevaluasi data atau bukti, serta membangun argumen ilmiah. Dengan demikian, modul ajar berbasis literasi sains berpotensi menjadi sarana yang efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Pengembangan modul ajar berbasis literasi sains perlu dilakukan melalui kerangka desain pembelajaran yang sistematis agar tujuan, materi, aktivitas, dan evaluasi pembelajaran saling terhubung. Model ADDIE merupakan salah satu model pengembangan yang banyak digunakan dalam penelitian pengembangan pendidikan karena menyediakan tahapan yang jelas, yaitu *analysis*, *design*, *development*, *implementation*, dan *evaluation*. Model ini memungkinkan pengembang untuk melakukan analisis kebutuhan, merumuskan tujuan pembelajaran, merancang aktivitas, mengembangkan perangkat, mengimplementasikan produk, serta mengevaluasi efektivitasnya secara berkelanjutan (Meroto et al., 2024; Andrade & Félix, 2024; Nurjanah et al., 2024). Dalam konteks pengembangan modul IPA, ADDIE dapat digunakan untuk memastikan bahwa materi, aktivitas literasi sains, indikator berpikir kritis, dan instrumen penilaian tersusun secara koheren. Tahap analisis membantu mengidentifikasi kebutuhan siswa dan karakteristik pembelajaran, tahap desain mengarahkan perumusan tujuan dan kegiatan berbasis penyelidikan, tahap pengembangan menghasilkan modul yang divalidasi ahli, tahap implementasi menguji keterlaksanaan produk, dan tahap evaluasi memberikan dasar untuk perbaikan serta pengukuran efektivitas.

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa bahan ajar berbasis literasi sains dapat memberikan dampak positif terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis siswa. Penerapan literasi sains dalam pembelajaran Biologi dilaporkan dapat meningkatkan kemampuan bernalar kritis siswa (Resi & Sihotang, 2023). Suastrawan et al. (2021) juga menunjukkan bahwa e-modul IPA yang dilengkapi isu-isu sosial sains mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis, terutama pada aspek eksplanasi, karena siswa didorong untuk menganalisis isu kontroversial dan menyusun alasan berbasis bukti. Selain itu, pengembangan E-LKPD berbasis literasi sains pada materi pertumbuhan dan perkembangan menunjukkan hasil yang baik dalam melatih indikator keterampilan berpikir kritis peserta didik (Zahroh & Yuliani, 2021). Penelitian lain juga menegaskan bahwa strategi pembelajaran berbasis penyelidikan, pemecahan masalah, multimodalitas, dan integrasi konteks nyata dapat memperkuat literasi sains sekaligus keterampilan berpikir kritis siswa (Arantes et al., 2024; Anggrella et al., 2024; Pramesti & Rosdiana, 2024). Temuan-temuan tersebut memperkuat asumsi bahwa modul ajar yang mengintegrasikan literasi sains dapat menjadi perangkat pembelajaran yang relevan untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis.

Namun demikian, pengembangan modul ajar IPA berbasis literasi sains masih perlu diperkuat, terutama pada konteks pembelajaran di SMP/MTs. Sebagian penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada pengembangan bahan ajar untuk meningkatkan pemahaman konsep atau hasil belajar, sementara integrasi eksplisit antara indikator literasi sains dan keterampilan berpikir kritis belum selalu dirancang secara sistematis dalam setiap aktivitas pembelajaran. Selain itu, modul ajar yang dikembangkan perlu tidak hanya memuat materi, tetapi juga menghadirkan pertanyaan pemantik, kegiatan penyelidikan, analisis data, diskusi berbasis bukti, serta tugas reflektif yang memungkinkan siswa berlatih menjelaskan fenomena, mengevaluasi bukti, dan menarik kesimpulan ilmiah. Integrasi tersebut penting karena literasi sains tidak dapat tumbuh melalui pembelajaran yang bersifat satu arah, melainkan melalui aktivitas yang menuntut siswa aktif membangun pemahaman dan menguji gagasan. Oleh sebab itu, penelitian pengembangan modul ajar berbasis literasi sains dengan model ADDIE menjadi relevan untuk menjawab kebutuhan pembelajaran IPA yang lebih terstruktur, kontekstual, dan berorientasi pada keterampilan berpikir kritis.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul ajar IPA berbasis literasi sains yang layak dan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Secara khusus, penelitian ini bertujuan: 1) mengembangkan modul ajar berbasis

literasi sains yang layak digunakan dalam pembelajaran IPA; dan 2) menguji efektivitas modul ajar tersebut dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan modul ajar IPA yang secara eksplisit mengintegrasikan prinsip literasi sains dengan indikator berpikir kritis melalui aktivitas pembelajaran yang kontekstual, berbasis penyelidikan, dan berorientasi pada penalaran berbasis bukti. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis dalam pengembangan kajian literasi sains dan berpikir kritis, sekaligus memberikan kontribusi praktis bagi guru dalam merancang pembelajaran IPA yang lebih aktif, reflektif, dan relevan dengan kebutuhan siswa.

METODE

Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang terdiri atas lima tahap, yaitu *analysis*, *design*, *development*, *implementation*, dan *evaluation*. Pendekatan R&D digunakan karena penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan produk berupa modul ajar IPA berbasis literasi sains, sekaligus menguji kelayakan dan efektivitasnya dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Model ADDIE dipilih karena menyediakan tahapan pengembangan yang sistematis, mulai dari analisis kebutuhan, perancangan tujuan dan aktivitas pembelajaran, pengembangan produk, implementasi dalam pembelajaran, hingga evaluasi produk secara formatif dan sumatif. Kerangka ADDIE juga memungkinkan adanya keselarasan antara tujuan pembelajaran, materi, aktivitas berbasis literasi sains, dan instrumen penilaian keterampilan berpikir kritis (Meroto et al., 2024; Andrade & Félix, 2024).

Desain penelitian yang digunakan untuk menguji efektivitas modul adalah One Group Pretest-Posttest Design. Desain ini digunakan untuk mengetahui perubahan keterampilan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan modul ajar berbasis literasi sains. Secara sederhana, desain penelitian dapat digambarkan sebagai berikut.

$$O_1 - X - O_2$$

Keterangan:

O_1 = *pretest* keterampilan berpikir kritis sebelum penggunaan modul

X = pembelajaran menggunakan modul ajar IPA berbasis literasi sains

O_2 = *posttest* keterampilan berpikir kritis setelah penggunaan modul

Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah siswa kelas VIII MTs Miftahul Hidayah Montong yang berjumlah 20 siswa. Pemilihan subjek disesuaikan dengan konteks implementasi modul dan kebutuhan uji coba produk pada pembelajaran IPA. Subjek penelitian dilibatkan dalam tahap implementasi untuk memperoleh data mengenai efektivitas modul ajar berbasis literasi sains dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis.

Prosedur Pengembangan Modul

Prosedur pengembangan modul ajar dilakukan berdasarkan tahapan ADDIE. Tahap *analysis* dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran IPA, karakteristik siswa, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, serta permasalahan yang berkaitan dengan rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa. Pada tahap ini, analisis diarahkan untuk menentukan kebutuhan pengembangan modul ajar yang tidak hanya memuat konsep IPA, tetapi juga mendorong siswa untuk menganalisis fenomena, mengevaluasi informasi, menafsirkan data, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti ilmiah.

Tahap *design* dilakukan dengan merancang struktur modul, tujuan pembelajaran, alur kegiatan, materi, tugas, dan instrumen evaluasi yang disesuaikan dengan prinsip literasi sains dan indikator keterampilan berpikir kritis. Aktivitas dalam modul dirancang agar siswa terlibat dalam kegiatan membaca informasi ilmiah, memahami fenomena kontekstual, menjawab pertanyaan pemantik, menganalisis bukti, dan menyusun kesimpulan ilmiah.

Tahap *development* dilakukan dengan menyusun produk awal berupa modul ajar IPA berbasis literasi sains. Produk yang telah dikembangkan kemudian divalidasi oleh ahli untuk menilai kelayakan isi, kesesuaian dengan capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran, kesesuaian dengan prinsip literasi sains, kejelasan materi dan bahasa, ketepatan contoh dan ilustrasi, relevansi tugas dengan indikator berpikir kritis, keterpaduan antarbagian materi, daya

tarik tampilan visual, serta kelengkapan struktur bahan ajar. Hasil validasi digunakan sebagai dasar untuk melakukan revisi produk sebelum diimplementasikan dalam pembelajaran.

Tahap implementation dilakukan dengan menerapkan modul ajar pada siswa kelas VIII MTs Miftahul Hidayah Montong. Implementasi dilakukan melalui kegiatan pembelajaran menggunakan modul ajar berbasis literasi sains. Pada tahap ini, siswa diberikan *pretest* sebelum pembelajaran dan *posttest* setelah pembelajaran untuk mengetahui perubahan keterampilan berpikir kritis.

Tahap evaluation dilakukan untuk menilai kualitas dan efektivitas modul. Evaluasi formatif dilakukan berdasarkan masukan dari validator ahli, sedangkan evaluasi sumatif dilakukan melalui analisis hasil *pretest* dan *posttest* siswa. Evaluasi ini digunakan untuk menentukan kelayakan modul serta efektivitasnya dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui validasi ahli dan tes keterampilan berpikir kritis. Validasi ahli digunakan untuk memperoleh data mengenai kelayakan modul ajar IPA berbasis literasi sains yang dikembangkan. Validasi dilakukan dengan menggunakan lembar validasi ahli yang memuat beberapa aspek penilaian, yaitu kesesuaian modul dengan capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran, kesesuaian isi dengan prinsip literasi sains, kejelasan materi dan bahasa, ketepatan contoh dan ilustrasi, relevansi tugas dengan indikator berpikir kritis, keterpaduan antarbagian materi, daya tarik tampilan visual, serta kelengkapan struktur bahan ajar. Data dari hasil validasi ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan tingkat kelayakan modul dan melakukan perbaikan produk sebelum diterapkan dalam pembelajaran.

Selain validasi ahli, pengumpulan data juga dilakukan melalui tes keterampilan berpikir kritis. Tes ini digunakan untuk mengetahui efektivitas modul ajar setelah diterapkan dalam pembelajaran IPA. Tes diberikan dalam dua tahap, yaitu *pretest* dan *posttest*. *Pretest* diberikan sebelum siswa mengikuti pembelajaran menggunakan modul ajar berbasis literasi sains untuk mengetahui kemampuan awal berpikir kritis siswa. Sementara itu, *posttest* diberikan setelah siswa mengikuti pembelajaran menggunakan modul ajar untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis setelah perlakuan diberikan. Data hasil *pretest* dan *posttest* selanjutnya dianalisis untuk mengetahui perbedaan kemampuan siswa sebelum dan sesudah pembelajaran serta tingkat peningkatannya melalui analisis statistik.

Teknik Analisis Data

Data hasil validasi ahli dianalisis secara kuantitatif menggunakan skala penilaian empat tingkat. Skala ini digunakan untuk memperoleh penilaian terhadap kelayakan modul ajar berdasarkan aspek isi, bahasa, penyajian, tampilan, kesesuaian dengan prinsip literasi sains, dan relevansi aktivitas pembelajaran dengan indikator berpikir kritis.

Tabel 1. Skor Skala Penilaian

Kriteria	Skor
Sangat baik	4
Baik	3
Cukup	2
Kurang	1

Skor yang diberikan oleh validator kemudian dihitung dalam bentuk persentase menggunakan rumus berikut.

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimal}} \times 100\%$$

Hasil persentase validasi yang diperoleh dari penilaian para ahli kemudian diinterpretasikan menggunakan kriteria kelayakan modul ajar. Interpretasi ini bertujuan untuk memberikan dasar objektif dalam menentukan kualitas produk yang dikembangkan. Melalui kriteria tersebut, modul dapat dikategorikan ke dalam beberapa tingkat kelayakan, yaitu sangat layak, layak, cukup layak, atau tidak layak. Kategori ini juga menjadi acuan dalam menetapkan tindak lanjut pengembangan produk. Modul yang memperoleh kategori sangat layak dapat digunakan tanpa revisi, sedangkan modul yang berada pada kategori layak dapat

digunakan setelah revisi. Sementara itu, modul dengan kategori cukup layak memerlukan revisi mayor, dan modul tidak layak belum dapat digunakan.

Tabel 2. Interpretasi Kriteria Kelayakan Modul Ajar

Persentase	Interpretasi	Kelayakan
81%–100%	Sangat layak	Dapat digunakan tanpa revisi
61%–80%	Layak	Dapat digunakan setelah revisi
41%–60%	Cukup layak	Perlu revisi mayor
≤ 40%	Tidak layak	Tidak dapat digunakan

Efektivitas modul ajar dianalisis berdasarkan hasil tes keterampilan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah penggunaan modul. Data hasil *pretest* dan *posttest* terlebih dahulu dianalisis melalui uji prasyarat untuk memastikan kesesuaian penggunaan statistik parametrik. Uji normalitas dilakukan menggunakan uji Shapiro-Wilk karena jumlah subjek penelitian kurang dari 50 siswa.

Apabila data berdistribusi normal, analisis dilanjutkan menggunakan Paired Sample T-Test untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest*. Pengujian dilakukan pada taraf signifikansi 0,05. Jika nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05, maka terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah menggunakan modul ajar berbasis literasi sains.

Selain menggunakan Paired Sample T-Test, peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa juga dianalisis menggunakan N-Gain. Analisis N-Gain digunakan untuk mengetahui tingkat peningkatan skor siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan modul ajar. Nilai N-Gain dihitung menggunakan rumus berikut.

$$g = \frac{\text{Skor posttest} - \text{Skor pretest}}{\text{Skor maksimal} - \text{Skor pretest}}$$

Hasil perhitungan N-Gain kemudian diinterpretasikan berdasarkan kategori peningkatan sebagai berikut.

Tabel 3. Kategori Skor N-Gain

Nilai N-Gain	Kategori
$g > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g \leq 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

Melalui tahapan analisis tersebut, kelayakan modul ajar ditentukan berdasarkan hasil validasi ahli, sedangkan efektivitas modul ditentukan berdasarkan perbedaan skor *pretest* dan *posttest* serta tingkat peningkatan skor siswa melalui N-Gain. Dengan demikian, metode penelitian ini tidak hanya berfokus pada pengembangan produk, tetapi juga menguji sejauh mana modul ajar IPA berbasis literasi sains dapat mendukung peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Validasi Modul Ajar

Validasi modul ajar dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan produk sebelum diimplementasikan dalam pembelajaran IPA. Proses validasi melibatkan ahli media, ahli materi, dan ahli bahasa. Penilaian dilakukan terhadap beberapa aspek utama, yaitu kesesuaian modul dengan capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran, kesesuaian isi dengan prinsip literasi sains, kejelasan materi dan bahasa, ketepatan contoh dan ilustrasi, relevansi tugas dengan indikator berpikir kritis, keterpaduan antarbagian materi, daya tarik tampilan visual, serta kelengkapan struktur bahan ajar. Hasil validasi modul ajar disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Validasi Modul

No	Aspek Penilaian	Persentase
1	Kesesuaian dengan CP dan TP	83,3%
2	Kesesuaian isi dengan prinsip literasi sains	80,0%
3	Kejelasan materi dan bahasa yang digunakan	91,6%

No	Aspek Penilaian	Persentase
4	Ketepatan contoh dan ilustrasi	83,3%
5	Relevansi tugas dengan indikator berpikir kritis	83,3%
6	Keterpaduan antarbagian materi	83,3%
7	Daya tarik tampilan visual	80,0%
8	Kelengkapan struktur bahan ajar	91,6%
Rerata		84,55%

Berdasarkan Tabel 4, rerata hasil validasi modul ajar adalah 84,55%, sehingga modul termasuk dalam kategori sangat layak. Hasil ini menunjukkan bahwa modul ajar IPA berbasis literasi sains yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kelayakan untuk digunakan dalam pembelajaran. Aspek kesesuaian modul dengan capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran memperoleh persentase sebesar 83,3%. Persentase ini menunjukkan bahwa isi dan aktivitas dalam modul telah disusun sesuai dengan arah pembelajaran yang ingin dicapai. Kesesuaian antara capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, materi, aktivitas, dan asesmen merupakan unsur penting dalam pengembangan bahan ajar karena menentukan keterpaduan proses pembelajaran dari awal hingga evaluasi.

Aspek kesesuaian isi dengan prinsip literasi sains memperoleh persentase sebesar 80,0%. Hasil ini menunjukkan bahwa modul telah memuat unsur-unsur literasi sains, seperti penyajian fenomena kontekstual, kegiatan memahami informasi ilmiah, analisis fakta dan bukti, serta kegiatan menarik kesimpulan berdasarkan data. Namun, persentase ini juga menunjukkan bahwa aspek literasi sains masih dapat diperkuat, terutama melalui penambahan aktivitas yang lebih eksplisit dalam menafsirkan data, mengevaluasi bukti, dan menghubungkan konsep IPA dengan permasalahan nyata. Hal ini penting karena literasi sains tidak hanya berkaitan dengan penguasaan konsep, tetapi juga kemampuan siswa menggunakan pengetahuan ilmiah untuk memahami dan menyelesaikan persoalan dalam kehidupan sehari-hari.

Aspek kejelasan materi dan bahasa memperoleh skor tertinggi, yaitu 91,6%. Temuan ini menunjukkan bahwa materi dalam modul disajikan dengan bahasa yang jelas, komunikatif, dan sesuai dengan tingkat perkembangan siswa. Kejelasan bahasa merupakan faktor penting dalam bahan ajar karena memengaruhi kemampuan siswa dalam memahami konsep, mengikuti instruksi, dan menyelesaikan tugas pembelajaran. Modul yang disusun dengan bahasa sederhana tetapi tetap ilmiah dapat membantu siswa memahami konsep IPA secara lebih sistematis. Selain itu, aspek kelengkapan struktur bahan ajar juga memperoleh persentase 91,6%, yang menunjukkan bahwa modul telah memiliki komponen yang lengkap, mulai dari identitas pembelajaran, tujuan, materi, aktivitas, tugas, hingga evaluasi.

Aspek ketepatan contoh dan ilustrasi, relevansi tugas dengan indikator berpikir kritis, serta keterpaduan antarbagian materi masing-masing memperoleh persentase 83,3%. Hasil ini menunjukkan bahwa contoh, ilustrasi, dan tugas dalam modul telah cukup relevan untuk mendukung proses pembelajaran berbasis literasi sains. Tugas-tugas yang disajikan dalam modul diarahkan untuk melatih siswa dalam mengidentifikasi masalah, menganalisis informasi, menghubungkan konsep, dan menyusun kesimpulan. Keterpaduan antarbagian materi juga menunjukkan bahwa alur pembelajaran dalam modul telah tersusun secara sistematis sehingga siswa dapat mengikuti proses pembelajaran secara bertahap. Sementara itu, aspek daya tarik tampilan visual memperoleh persentase 80,0%, yang menunjukkan bahwa tampilan modul telah layak, tetapi masih dapat ditingkatkan melalui penggunaan desain visual, gambar, tabel, atau ilustrasi yang lebih menarik dan fungsional.

Hasil Keefektifan Modul Ajar

Keefektifan modul ajar IPA berbasis literasi sains dianalisis berdasarkan hasil tes keterampilan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah penggunaan modul. Sebelum dilakukan uji hipotesis, data *pretest* dan *posttest* terlebih dahulu diuji normalitasnya sebagai prasyarat penggunaan statistik parametrik. Uji normalitas dilakukan menggunakan uji Shapiro-Wilk dengan bantuan SPSS 25 karena jumlah sampel kurang dari 50 siswa. Hasil uji menunjukkan bahwa nilai signifikansi data *pretest* dan *posttest* adalah $\text{sig.} > 0,05$, sehingga data dinyatakan berdistribusi normal. Dengan demikian, data memenuhi syarat untuk dianalisis menggunakan Paired Sample T-Test. Hasil analisis deskriptif nilai *pretest* dan *posttest* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis Deskriptif Pretest dan Posttest

Tes	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pretest	47	20	7,13036	1,59439
Posttest	79,5	20	13,94538	3,11845

Berdasarkan Tabel 5, nilai rata-rata *pretest* siswa adalah 47, sedangkan nilai rata-rata *posttest* meningkat menjadi 79,5. Peningkatan ini menunjukkan adanya perubahan kemampuan berpikir kritis siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan modul ajar IPA berbasis literasi sains. Selisih rata-rata sebesar 32,5 mengindikasikan bahwa penggunaan modul memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kemampuan siswa dalam memahami permasalahan, menganalisis informasi, menghubungkan konsep, dan menyusun kesimpulan berdasarkan bukti.

Analisis Paired Sample T-Test digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest*. Hasil pengujian menunjukkan nilai $t = -10,59$ dengan nilai signifikansi Sig. (2-tailed) = $0,000 < 0,05$. Dengan demikian, terdapat perbedaan yang signifikan antara keterampilan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan modul ajar berbasis literasi sains. Temuan ini menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Peningkatan tersebut terjadi karena karakteristik modul berbasis literasi sains mengarahkan siswa untuk terlibat dalam aktivitas pembelajaran yang lebih aktif, reflektif, dan berbasis bukti. Modul tidak hanya menyajikan materi, tetapi juga memuat aktivitas yang mendorong siswa untuk mengamati fenomena, memahami informasi ilmiah, mendiskusikan fakta dan bukti, menemukan hubungan sebab-akibat, menerapkan metode ilmiah, serta menyelesaikan masalah. Aktivitas tersebut secara inheren menuntut siswa menggunakan keterampilan berpikir kritis dalam proses pembelajaran. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis literasi sains dapat melatih keterampilan berpikir kritis melalui kegiatan mengidentifikasi masalah, melakukan penyelidikan ilmiah, menganalisis informasi, menalar konsep, dan menarik kesimpulan. Untuk mengetahui tingkat peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa, dilakukan analisis N-Gain. Hasil analisis disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis N-Gain

Variabel	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
N-Gain	0,615	20	0,25807	0,0577084

Berdasarkan Tabel 6, nilai rata-rata N-Gain adalah 0,615, yang termasuk dalam kategori sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah menggunakan modul ajar berbasis literasi sains berada pada tingkat yang cukup efektif. Peningkatan kategori sedang menunjukkan bahwa modul telah memberikan dampak positif terhadap pembelajaran, meskipun masih terdapat ruang untuk penyempurnaan, terutama dalam memperkuat aktivitas analisis data, argumentasi ilmiah, pemecahan masalah terbuka, dan refleksi terhadap proses berpikir siswa.

Pembahasan

Hasil validasi menunjukkan bahwa modul ajar IPA berbasis literasi sains yang dikembangkan memiliki kualitas yang sangat layak untuk digunakan dalam pembelajaran. Kelayakan ini terlihat dari rerata validasi sebesar 84,55%, dengan aspek tertinggi pada kejelasan materi dan bahasa serta kelengkapan struktur bahan ajar. Temuan ini menegaskan bahwa modul yang dikembangkan telah memiliki struktur pembelajaran yang sistematis, isi yang relevan, bahasa yang mudah dipahami, serta aktivitas yang mendukung pembelajaran IPA berbasis literasi sains. Dalam konteks pengembangan bahan ajar, keselarasan antara tujuan, isi, aktivitas, dan asesmen merupakan prinsip penting agar modul dapat digunakan secara efektif di kelas. Hal ini sejalan dengan pandangan bahwa desain instruksional perlu dilakukan secara sistematis agar proses pembelajaran terarah dan sesuai dengan kebutuhan siswa (Meroto et al., 2024; Andrade & Félix, 2024).

Kelayakan modul juga menunjukkan bahwa penggunaan model ADDIE dalam pengembangan produk telah membantu peneliti menyusun modul secara bertahap dan

terstruktur. Tahap analisis memungkinkan identifikasi kebutuhan siswa dan permasalahan pembelajaran IPA, tahap desain membantu menyusun alur aktivitas berbasis literasi sains, tahap pengembangan menghasilkan produk yang dapat divalidasi, tahap implementasi menguji penggunaan modul dalam pembelajaran, dan tahap evaluasi memberikan dasar untuk menilai kelayakan serta efektivitas produk. Penggunaan model pengembangan yang sistematis seperti ADDIE telah banyak digunakan dalam pengembangan modul, e-modul, LKPD, dan bahan ajar berbasis keterampilan berpikir tingkat tinggi karena mampu memastikan keterpaduan antara kebutuhan pembelajaran, rancangan aktivitas, dan evaluasi hasil belajar (Rozali et al., 2024; Hamdiyah, 2024; Imam et al., 2024; Riputri & Hadiyanti, 2024).

Hasil validasi pada aspek kesesuaian isi dengan prinsip literasi sains sebesar 80,0% menunjukkan bahwa modul telah mengintegrasikan literasi sains dalam pembelajaran IPA. Literasi sains menjadi unsur penting karena siswa tidak cukup hanya memahami konsep, tetapi juga perlu mampu menjelaskan fenomena ilmiah, mengevaluasi informasi, dan menggunakan bukti dalam membuat keputusan. Kerangka literasi sains PISA menekankan kemampuan menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah, serta menafsirkan data dan bukti ilmiah. Oleh karena itu, bahan ajar IPA yang berorientasi pada literasi sains perlu menghadirkan aktivitas yang melibatkan analisis fenomena, interpretasi data, dan penalaran berbasis bukti (Deta et al., 2024; Nabilah et al., 2024; Handayani et al., 2024). Dalam konteks ini, modul ajar yang dikembangkan telah mengarah pada pembelajaran yang tidak hanya konseptual, tetapi juga aplikatif dan kontekstual.

Peningkatan nilai rata-rata dari 47 pada *pretest* menjadi 79,5 pada *posttest* menunjukkan bahwa penerapan modul ajar berbasis literasi sains berdampak positif terhadap keterampilan berpikir kritis siswa. Hasil uji Paired Sample T-Test dengan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$ memperkuat bahwa perbedaan tersebut signifikan. Artinya, pembelajaran dengan modul ajar berbasis literasi sains mampu membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir kritis. Temuan ini relevan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa siswa SMP masih membutuhkan pembelajaran yang secara eksplisit melatih kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran IPA (Agustia et al., 2024). Peningkatan ini juga mendukung pandangan bahwa rendahnya performa literasi sains siswa dapat diatasi melalui strategi pembelajaran yang lebih kontekstual, berbasis penyelidikan, dan berorientasi pada pemecahan masalah (Al-Ali & Wardat, 2024; Sincer et al., 2024).

Secara pedagogis, peningkatan keterampilan berpikir kritis terjadi karena modul berbasis literasi sains memberi kesempatan kepada siswa untuk membangun pengetahuan secara aktif. Siswa tidak hanya membaca materi, tetapi juga diarahkan untuk memahami fenomena, menjawab pertanyaan pemantik, menganalisis informasi, menghubungkan konsep, serta menyusun kesimpulan berdasarkan bukti. Pola pembelajaran semacam ini selaras dengan teori belajar konstruktivis, yang menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam membangun pemahamannya sendiri. Ketika siswa diberi kesempatan untuk mengeksplorasi pengetahuan melalui penemuan dan pemecahan masalah, pembelajaran menjadi lebih bermakna dan mendorong kemampuan berpikir sistematis, logis, serta kritis. Hal ini sesuai dengan pendapat Bruner yang menekankan pentingnya peran aktif siswa dalam pembelajaran melalui eksplorasi, penemuan, dan pemecahan masalah (Buku teori belajar).

Hasil penelitian ini juga dapat dijelaskan melalui keterkaitan antara literasi sains dan berpikir kritis. Literasi sains menuntut siswa untuk memahami informasi ilmiah, menafsirkan data, mengevaluasi bukti, dan menggunakan penalaran dalam menjelaskan fenomena. Aktivitas tersebut merupakan bagian dari keterampilan berpikir kritis. Dengan demikian, ketika siswa dilatih melalui modul berbasis literasi sains, mereka juga dilatih untuk menggunakan keterampilan berpikir kritis. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan adanya hubungan antara literasi sains, keterampilan berpikir kritis, dan kemampuan berpikir kreatif dalam pembelajaran IPA (Yfandi et al., 2024). Temuan ini juga diperkuat oleh penelitian yang menunjukkan bahwa kemampuan literasi sains berperan penting dalam penyelesaian soal berbasis HOTS karena siswa perlu memahami informasi, menganalisis masalah, dan memilih solusi yang tepat (Sitorus & Jahro, 2024).

Nilai N-Gain sebesar 0,615 yang berada pada kategori sedang menunjukkan bahwa modul ajar cukup efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Kategori

sedang menunjukkan bahwa peningkatan yang terjadi cukup bermakna, meskipun belum mencapai kategori tinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti keterbatasan waktu implementasi, variasi kemampuan awal siswa, serta kebutuhan siswa untuk beradaptasi dengan pola pembelajaran yang lebih menuntut analisis dan penalaran. Namun, hasil ini tetap menunjukkan bahwa modul berbasis literasi sains memiliki potensi kuat untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Budiarta (2023) menjelaskan bahwa pembelajaran yang berbasis pertanyaan dan penyelidikan dapat meningkatkan keterampilan analitis dan evaluatif siswa. Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat bahwa pembelajaran IPA yang dirancang melalui kegiatan literasi sains dapat mendorong siswa untuk berpikir lebih reflektif, analitis, dan sistematis.

Temuan penelitian ini selaras dengan berbagai kajian yang menekankan pentingnya pembelajaran berbasis penyelidikan dalam pendidikan sains. Aktivitas penyelidikan memungkinkan siswa mengajukan pertanyaan, mengumpulkan informasi, menganalisis bukti, dan menarik kesimpulan. Kegiatan semacam ini dapat memperkuat kemampuan siswa dalam memahami konsep IPA sekaligus mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Penelitian tentang pembelajaran investigatif menunjukkan bahwa kegiatan berbasis penyelidikan dapat menjadi sarana untuk mengembangkan literasi sains dan kemampuan berpikir kritis karena siswa dilibatkan dalam proses ilmiah secara langsung (Arantes et al., 2024; Moura & Anjos, 2024; Wele et al., 2024). Selain itu, pendekatan berbasis masalah dan kolaboratif, seperti PBL dan Jigsaw, juga dapat memperkuat keterampilan berpikir kritis karena siswa belajar menganalisis masalah, berdiskusi, dan membangun argumen secara bersama-sama (Rodrigues & Santos, 2024).

Penggunaan konteks nyata dalam modul juga menjadi faktor penting yang mendukung peningkatan keterampilan berpikir kritis. Modul berbasis literasi sains akan lebih bermakna apabila menghubungkan konsep IPA dengan fenomena lingkungan, teknologi, masyarakat, dan kehidupan sehari-hari. Pembelajaran yang menggunakan konteks lokal, potensi lingkungan, atau isu sosial-ilmiah dapat meningkatkan keterlibatan siswa karena materi terasa lebih dekat dengan pengalaman mereka. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi potensi lokal, pendekatan SETS, dan konteks lingkungan dapat memperkuat relevansi pembelajaran IPA serta membantu siswa memahami hubungan antara sains dan kehidupan nyata (Nurjanah et al., 2024; Pramesti & Rosdiana, 2024; Romadhan et al., 2024; Uslan et al., 2024). Oleh karena itu, modul ajar berbasis literasi sains perlu terus dikembangkan dengan memperhatikan konteks lokal agar siswa dapat menggunakan konsep IPA untuk memahami permasalahan di sekitarnya.

Selain konteks nyata, penggunaan representasi multimodal juga penting dalam pengembangan modul ajar. Literasi sains tidak hanya berkaitan dengan kemampuan membaca teks, tetapi juga kemampuan memahami gambar, grafik, tabel, diagram, video, simulasi, dan berbagai bentuk informasi ilmiah lainnya. Penggunaan multimodalitas dapat membantu siswa memahami konsep abstrak, menafsirkan data, dan mengevaluasi informasi dari berbagai sumber. Kajian tentang literasi multimodal dalam pembelajaran sains menunjukkan bahwa integrasi teks, visual, dan media interaktif dapat memperkuat pemahaman serta kemampuan siswa dalam menilai informasi ilmiah (Galvão et al., 2024; Herlina & Abidin, 2024; GH, 2024). Dalam konteks penelitian ini, aspek daya tarik tampilan visual memperoleh skor 80,0%, sehingga masih dapat ditingkatkan melalui penambahan visualisasi yang lebih informatif dan mendukung aktivitas berpikir kritis.

Penguatan visual dan teknologi dalam modul juga relevan dengan perkembangan pembelajaran IPA saat ini. Simulasi, laboratorium virtual, dan sumber belajar digital dapat membantu siswa memahami fenomena yang sulit diamati secara langsung, terutama pada konsep-konsep abstrak atau kegiatan praktikum yang terbatas oleh sarana sekolah. Namun, teknologi perlu diposisikan sebagai pendukung aktivitas ilmiah, bukan sebagai pengganti proses berpikir. Penggunaan simulasi dan dunia virtual dalam pembelajaran sains dapat meningkatkan keterlibatan siswa apabila dirancang dengan dasar pedagogis yang jelas (Aires et al., 2024; Istiqomah, 2024). Pengembangan e-modul dan bahan ajar digital juga terbukti dapat melatih kemampuan berpikir kritis jika aktivitasnya dirancang untuk mendorong analisis, evaluasi, dan penyelesaian masalah (Imam et al., 2024; Herlina & Abidin, 2024). Dengan demikian, modul ajar dalam penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dalam bentuk digital atau interaktif agar lebih adaptif terhadap kebutuhan pembelajaran modern.

Pembelajaran IPA berbasis literasi sains juga dapat diperkuat melalui pendekatan interdisipliner seperti STEM, STEAM, dan IPAS. Pendekatan ini memungkinkan siswa menghubungkan sains dengan teknologi, rekayasa, matematika, seni, lingkungan, dan kehidupan sosial. Keterhubungan tersebut dapat memperluas cara berpikir siswa dan membantu mereka melihat bahwa konsep IPA tidak berdiri sendiri, tetapi berkaitan dengan berbagai aspek kehidupan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pendekatan interdisipliner dalam pembelajaran IPAS dapat memperkaya pengalaman belajar dan meningkatkan kemampuan siswa dalam menganalisis masalah secara lebih menyeluruh (Anggrella et al., 2024; Hoerunnisa et al., 2024). Selain itu, pengembangan modul berbasis proyek dalam Kurikulum Merdeka juga relevan untuk mengintegrasikan literasi sains, pemecahan masalah, dan keterampilan abad ke-21 (Ernawati et al., 2024; Nurfathurrahmah et al., 2024).

Dari sisi kebijakan dan kurikulum, hasil penelitian ini mendukung arah pembelajaran yang menekankan kompetensi esensial, literasi, dan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Pembelajaran sains perlu dirancang agar siswa tidak hanya menguasai materi, tetapi juga mampu menggunakan pengetahuan untuk memahami persoalan nyata. Kajian tentang reformasi kurikulum dan perbandingan pendidikan sains menunjukkan bahwa penguatan kompetensi, literasi, dan keterampilan berpikir kritis menjadi kebutuhan penting dalam meningkatkan mutu pendidikan sains (Costa, 2024; Ardi et al., 2024). Hal ini sejalan dengan kajian yang menempatkan literasi sains sebagai bagian penting dalam peningkatan kualitas pembelajaran IPA di sekolah dasar dan menengah (Dewi et al., 2024; Janah et al., 2024). Dengan demikian, pengembangan modul ajar berbasis literasi sains dalam penelitian ini dapat dipandang sebagai bagian dari upaya memperkuat pembelajaran IPA yang berorientasi pada kompetensi.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa bahan ajar yang baik tidak hanya perlu valid secara isi, tetapi juga harus mampu mendorong keterlibatan aktif siswa. Keterlibatan siswa dalam membaca, berdiskusi, menyelidiki, menganalisis, dan menyimpulkan merupakan faktor penting dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Penelitian tentang keterlibatan membaca menunjukkan bahwa keterampilan memahami bacaan memiliki hubungan dengan literasi sains karena siswa perlu memahami informasi tertulis sebelum dapat menafsirkan dan mengevaluasi bukti ilmiah (Arastaman et al., 2024; Cao et al., 2024). Oleh karena itu, modul ajar berbasis literasi sains perlu mengintegrasikan strategi membaca ilmiah, pertanyaan analitis, serta latihan interpretasi data agar siswa terbiasa memahami informasi secara kritis.

Dari perspektif inklusi dan keberagaman, modul ajar berbasis literasi sains juga perlu dikembangkan agar dapat digunakan oleh siswa dengan karakteristik yang beragam. Desain bahan ajar sebaiknya memperhatikan perbedaan kemampuan, kebutuhan belajar, gaya belajar, serta akses siswa terhadap sumber belajar. Kajian tentang pembelajaran sains inklusif menekankan pentingnya bahan ajar yang dapat mengakomodasi kebutuhan siswa dengan disabilitas atau autisme melalui penyajian yang jelas, fungsional, dan bertahap (Paoli & Machado, 2024). Selain itu, pembelajaran sains juga perlu mendukung partisipasi siswa dari berbagai latar belakang, termasuk mendorong keterlibatan perempuan dalam sains melalui aktivitas investigatif dan pengalaman belajar yang bermakna (Zanon & Inácio, 2024). Dengan demikian, pengembangan modul pada tahap berikutnya dapat diarahkan pada desain yang lebih inklusif, adaptif, dan responsif terhadap kebutuhan siswa.

Penelitian ini memberikan implikasi teoretis dan praktis. Secara teoretis, hasil penelitian memperkuat pemahaman bahwa literasi sains dan keterampilan berpikir kritis saling berkaitan dalam pembelajaran IPA. Literasi sains menyediakan konteks dan aktivitas ilmiah, sedangkan berpikir kritis menjadi proses kognitif yang digunakan siswa untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menyimpulkan informasi. Temuan ini sejalan dengan kajian bibliometrik yang menunjukkan bahwa literasi, pengetahuan, dan keterampilan siswa merupakan domain penting dalam pengembangan pendidikan abad ke-21 (Nwagwu, 2024). Secara praktis, hasil penelitian menunjukkan bahwa guru dapat menggunakan modul ajar berbasis literasi sains sebagai alternatif bahan ajar untuk menciptakan pembelajaran yang lebih aktif, kontekstual, dan berorientasi pada keterampilan berpikir tingkat tinggi. Pelatihan guru dalam menyusun LKPD atau modul berbasis literasi sains juga menjadi penting agar implementasi pembelajaran dapat dilakukan secara berkelanjutan (Syam et al., 2024; Barbosa et al., 2024; Costa et al., 2024; Souza et al., 2024).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa modul ajar IPA berbasis literasi sains yang dikembangkan dinyatakan sangat layak digunakan dalam pembelajaran. Hal ini ditunjukkan oleh hasil validasi ahli dengan rerata persentase sebesar 84,55%, yang termasuk dalam kategori sangat layak. Kelayakan tersebut menunjukkan bahwa modul telah memenuhi aspek kesesuaian dengan capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran, kesesuaian dengan prinsip literasi sains, kejelasan materi dan bahasa, relevansi tugas dengan indikator berpikir kritis, keterpaduan materi, daya tarik visual, serta kelengkapan struktur bahan ajar. Dengan demikian, modul ajar yang dikembangkan dapat digunakan sebagai perangkat pembelajaran IPA yang mendukung proses belajar siswa secara lebih terarah, kontekstual, dan berbasis penalaran ilmiah.

Hasil uji efektivitas menunjukkan bahwa penggunaan modul ajar IPA berbasis literasi sains mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Hal ini dibuktikan melalui peningkatan nilai rata-rata dari pretest sebesar 47 menjadi posttest sebesar 79,5. Hasil uji Paired Sample T-Test menunjukkan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$, sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara keterampilan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah menggunakan modul. Selain itu, hasil analisis N-Gain memperoleh nilai rata-rata sebesar 0,615 yang berada pada kategori sedang. Temuan ini menunjukkan bahwa modul ajar berbasis literasi sains cukup efektif dalam memfasilitasi siswa untuk menganalisis fenomena, mengevaluasi informasi, menghubungkan konsep, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti ilmiah. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi literasi sains dalam modul ajar IPA dapat menjadi strategi pembelajaran yang relevan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Modul yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai sumber belajar, tetapi juga sebagai sarana untuk membimbing siswa dalam memahami konsep IPA melalui aktivitas yang menuntut penalaran, penyelidikan, analisis data, dan pemecahan masalah. Oleh karena itu, pengembangan modul ajar berbasis literasi sains memberikan kontribusi bagi peningkatan kualitas pembelajaran IPA, khususnya dalam mendorong keterampilan berpikir tingkat tinggi pada siswa SMP/MTs.

REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian, modul ajar IPA berbasis literasi sains dapat digunakan sebagai salah satu alternatif bahan ajar untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Guru disarankan mengintegrasikan modul ini dalam pembelajaran IPA melalui kegiatan yang menekankan pengamatan fenomena, analisis informasi, diskusi berbasis bukti, pemecahan masalah, dan penyusunan kesimpulan ilmiah. Agar implementasinya lebih optimal, guru perlu memberikan pendampingan, pertanyaan pemantik, dan umpan balik yang mendorong siswa untuk mengemukakan alasan, mengevaluasi bukti, serta menghubungkan konsep IPA dengan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari.

Meskipun penelitian ini menunjukkan hasil yang positif, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Penelitian ini hanya melibatkan 20 siswa dari satu kelas di satu sekolah, sehingga generalisasi temuan ke populasi yang lebih luas perlu dilakukan secara hati-hati. Selain itu, desain penelitian menggunakan One Group Pretest-Posttest, sehingga belum melibatkan kelompok kontrol sebagai pembanding. Pengukuran efektivitas juga masih terbatas pada hasil *pretest* dan *posttest*, sehingga belum sepenuhnya menggambarkan dampak jangka panjang penggunaan modul terhadap kebiasaan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran sehari-hari. Penelitian ini juga belum mengeksplorasi faktor lain yang dapat memengaruhi hasil belajar, seperti motivasi, minat belajar, keterampilan guru dalam memfasilitasi pembelajaran, dukungan keluarga, dan ketersediaan fasilitas belajar.

Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan sampel yang lebih luas dan beragam agar hasil penelitian memiliki tingkat generalisasi yang lebih kuat. Penelitian berikutnya juga perlu menggunakan desain eksperimen yang melibatkan kelompok kontrol agar efektivitas modul ajar berbasis literasi sains dapat dibandingkan secara lebih objektif. Selain itu, pengukuran dampak penggunaan modul sebaiknya tidak hanya didasarkan pada nilai *pretest* dan *posttest*, tetapi juga dilengkapi dengan observasi aktivitas belajar, kemampuan argumentasi ilmiah, motivasi belajar, serta kemampuan siswa dalam menerapkan konsep IPA pada situasi nyata. Pengembangan modul dalam format digital, interaktif, atau multimodal juga direkomendasikan dengan memanfaatkan gambar, video,

simulasi, dan latihan berbasis data agar modul lebih menarik, adaptif, dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran abad ke-21.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik secara moril maupun materil, dalam kegiatan penelitian ini. Terima kasih juga kami sampaikan kepada MTs Miftahul Hidayah Montong yang telah membantu dalam pengumpulan data dan analisis yang diperlukan untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustia, Z., Yennita, Y., & Fakhrudin, F. (2024). Profile of Critical Thinking Ability of Class VIII State Middle School Students in Science Learning. *JELR*, 2(1), 46–53. <https://doi.org/10.62208/jelr.2.1.p.46-53>
- Aires, F. K. F., Sousa, A., Batista, M. da C., Narciso, R., Sousa, D. B. de, & Ramalho, R. de A. (2024). Mundos Virtuais A Utilização De Simulações Para O Ensino De Ciências. *ARE*, 6(2), 1618–1628. <https://doi.org/10.56238/arev6n2-071>
- Al-Ali, R., & Wardat, Y. (2024). Low PISA Performance Students: Factors, Perceptions, and Improvement Strategies. *International Journal of Religion*, 5(9), 334–348. <https://doi.org/10.61707/nve8gj33>
- Andrade, F. C. de, & Félix, L. C. (2024). “Cultura Maker para Educadores”: um Projeto de Curso Híbrido Baseado em MOOC. *Ead Em Foco*, 14(1), e2123. <https://doi.org/10.18264/eadf.v14i1.2123>
- Anggrella, D. P., Rahmasiwi, A., Suyatman, S., & Sudrajat, A. K. (2024). Sosialisasi dan pelatihan pendekatan interdisipliner pada pembelajaran IPAS di pendidikan dasar. *Kacaneegara Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 7(3), 269. <https://doi.org/10.28989/kacaneegara.v7i3.2204>
- Arantes, A. R., Carvalho, D. F., Garcia, D., Paes, F. N. dos S., & Vasconcelos, R. M. O. T. de. (2024). Estruturação, Arcabouço Metodológico E Aplicação Do Curso De Especialização “Ciência É 10!” *Revista Ciências & Ideias* Issn 2176-1477, e24152413. <https://doi.org/10.22407/2176-1477/2024.v15.2413>
- Arastaman, G., Buluş, M., Konaş, H., & Özcan, B. (2024). Understanding the role of cognitive constructs employed in reading in global math and science achievement. *Frontiers in Psychology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1470977>
- Ardi, A., Ananda, A., Rusdinal, R., Giastituati, N., & Hervi, F. (2024). A Comparison of Science Education between Germany, China and Indonesia. *Jurnal Eksakta Pendidikan (Jep)*, 8(1), 73–85. <https://doi.org/10.24036/jep/vol8-iss1/806>
- Barbosa, M. A. P., OLIVEIRA, S. C., Castro, M. G. L. de, FERREIRA, A. M., OLIVEIRA, A. P. D., Jordane, A., Sá, L. C. e, Amado, M. V., & Oliveira, M. G. de. (2024). I Seminário Integrado De Pós-Graduação Em Educação Em Ciências E Matemática: Caderno De Resumos 2024. <https://doi.org/10.36524/9788582638293>
- Bayu, I. G. W., Widiana, I. W., & Yudianta, I. K. (2023). Learning science with numbered heads together (NHT) based on growth mindset improving science literacy and learning agility of elementary school students. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 13(4), 171–180.
- Budiarta, I. N. E. (2023). Kajian Literatur Sistematis: Konseptualisasi dan Pengukuran Higher-Order Thinking Skills dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 13(2), 286–295.
- Cao, C., Zhang, T., & Xin, T. (2024). The effect of reading engagement on scientific literacy – an analysis based on the XGBoost method. *Frontiers in Psychology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1329724>
- Costa, A. A. F., Gomes, J. B., & Oliveira, L. A. de. (2024). Como Alice no país das maravilhas: as histórias de formação de professores no PIBID e no PRP do curso de Pedagogia da UFRRJ. <https://doi.org/10.36229/978-65-5866-390-4.cap.09>
- Costa, O. B. R. da. (2024). Research On Curricular Reform Based On The Essential Competencies Of Students In Brazil. *Revista Ibero-Americana De Humanidades Ciências E Educação*, 10(1), 01–17. <https://doi.org/10.51891/rease.v10i1.12883>

- Deta, U. A., A'yun, S. K., Laila, L., Prahani, B. K., & Suprpto, N. (2024). PISA science framework 2018 vs 2025 and its impact in physics education: Literature review. *Momentum Physics Education Journal*, 8(1), 95–107. <https://doi.org/10.21067/mpej.v8i1.9215>
- Dewi, S. P. G., Suriani, A., & Nisa, S. (2024). Penerapan Literasi Sains Untuk Meningkatkan Kualitas Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Journal of Practice Learning and Educational Development*, 4(2), 95–99. <https://doi.org/10.58737/jpled.v4i2.282>
- Dianti, P. R., & Sueb, S. (2022). Are scientific literacy and students' environmental attitudes on ecosystem materials and environmental change correlated? *Bio-Inoved Jurnal Biologi-Inovasi Pendidikan*, 4(3), 320. <https://doi.org/10.20527/bino.v4i3.14026>
- Ernawati, E., Marsithah, I., & Jannah, M. (2024). Pengembangan Modul Project IPAS berbasis Lingkungan dalam Kurikulum Merdeka pada Fase E. *Jurnal Penelitian Pendidikan Dan Pengajaran JPPP*. <https://doi.org/10.30596/jppp.v5i1.16968>
- Galvão, J. de A. A., Barbosa, M. do R. da S. A., Júnior, J. M. de A. S., & Araújo, A. M. da S. (2024). Ensino de ciências no livro didático: diálogos entre o letramento multimodal e o letramento científico. *Revista Caderno Pedagógico*, 21(4), e3746. <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n4-084>
- GH, M. (2024). Analisis Penggunaan E-Modul Pada Mata Kuliah Ekologi : Literatur Review. *Science Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan Ipa*, 4(4), 375–381. <https://doi.org/10.51878/science.v4i4.3494>
- Hamadiyah, R. A. (2024). Peningkatan Literasi Sains Siswa Madrasah Ibtidaiyah melalui Pengembangan Media Big Book. *Dawuh Guru Jurnal Pendidikan Mi/Sd*, 4(1), 73–82. <https://doi.org/10.35878/guru.v4i1.1077>
- Hamdu, G., Hadiana, D., Sylvia, N., Apipatunnisa, I., & Yulianto, A. (2023). Measuring Changes of Students Conceptual Understanding of Literacy and Numeracy in Natural Science by Using Rasch Model. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 7(3), 489–497. <https://doi.org/10.23887/jisd.v7i3.59943>
- Handayani, Y., Rahmawati, R., Nasrah, N., & Nur, A. M. (2024). Content Validity Analysis of the PISA-Science Literacy Test for SMP Unismuh Makassar Students on the Topic of Optical Instruments. *International Journal of Social Science and Human Research*, 7(07). <https://doi.org/10.47191/ijsshr/v7-i07-62>
- Herlina, E., & Abidin, Z. (2024). Development of interactive e-modules to improve students' scientific literacy abilities: A literature review. *Journal of Mangifera Edu*, 8(2), 74–87. <https://doi.org/10.31943/mangiferaedu.v8i2.181>
- Hoerunnisa, M., Purnamasari, S., & Rahmaniari, A. (2024). Analisis Implementasi Science Technology Engineering Mathematics (STEM) dalam Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 14(1), 79–89. <https://doi.org/10.37630/jpm.v14i1.1469>
- Imam, Moh., Zaini, M., & Suyidno, S. (2024). Analisis Validitas Dan Daya Tarik E-Modul Biologi Untuk Melatihkan Kemampuan Berpikir Kritis. *Jurnal Penelitian Sains Dan Pendidikan (Jpsp)*, 4(1), 70–83. <https://doi.org/10.23971/jpsp.v4i1.7999>
- Istiqomah, I. (2024). Model Virtual Laboratory Science Investigation untuk Meningkatkan Kompetensi Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(1), 266–277. <https://doi.org/10.29303/jipp.v9i1.1905>
- Janah, A. N., Darmayanti, M., & Saefudin, A. (2024). Kemampuan Literasi Sains di Sekolah Dasar: Systematic Literature Review dan Bibliometric Analysis Periode Tahun 2016 - 2023. *Ar-Riayah Jurnal Pendidikan Dasar*, 8(1), 43. <https://doi.org/10.29240/jpd.v8i1.9327>
- Meroto, M. B. das N., Costa, E. J. da, Pereira, F. A., Oliveira, N. P. de, & Mungo, W. S. (2024). DESIGN INSTRUCIONAL E EDUCAÇÃO. *Revista Ilustração*, 5(3), 79–90. <https://doi.org/10.46550/ilustracao.v5i3.289>
- Moura, G. Y. S., & Anjos, P. H. R. dos. (2024). Um levantamento de Experimentos para integrar Ciência dos Materiais ao ensino de Física. *Revista Insignare Scientia - Ris*, 7(1), 405–428. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2024v7n1.14010>
- Nabilah, S., Muslim, M., & Rusyati, L. (2024). Analysis Of High School Students' Literacy Using The Pisa Framework. *Proceedings of ICE*, 2(1), 687–693. <https://doi.org/10.32672/pice.v2i1.1346>

- Nurfathurrahmah, N., Ariyansyah, A., & Suryani, E. (2024). Pengembangan E-Panduan Praktikum Teknik Pengelolaan Laboratorium Berbasis PjBL untuk Meningkatkan Pembelajaran Abad 21. *Jagomipa Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ipa*, 4(1), 60–69. <https://doi.org/10.53299/jagomipa.v4i1.412>
- Nurjanah, R., Purnamasari, S., & Rahmianar, A. (2024). Analisis Implementasi Potensi Lokal dalam Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 14(1), 48–56. <https://doi.org/10.37630/jpm.v14i1.1476>
- Nuryanti, L., Zubaidah, S., & Diantoro, M. (2018). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP. *Jurnal Pendidikan :Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 3(2), 155–158
- Nwagwu, W. E. (2024). Bibliometric visualisation of student knowledge and skills in key literacy domains. *Educational Dimension*, 11, 28–59. <https://doi.org/10.55056/ed.772>
- Paoli, J. de, & Machado, P. F. L. (2024). Ensino Funcional ou Acadêmico Em Ciências Para Estudantes Com Deficiência Ou Autismo? *Revista Brasileira De Educação Especial*, 30. <https://doi.org/10.1590/1980-54702024v30e0100>
- Pramesti, S. A., & Rosdiana, L. (2024). Science, Environmental, Technology, Society Approach (SETS) in Improving Science Literacy of Junior High School Students. *Science Education and Application Journal*, 6(2), 106–115. <https://doi.org/10.30736/seaj.v6i2.1094>
- Pujiastuti, I. P. (2023). Profil Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Negeri dan Swasta dalam Pembelajaran Biologi. *Saintifik*, 9(1), 75–81. <https://doi.org/10.31605/saintifik.v9i1.397>
- Pusat Penilaian Pendidikan (2016). Hasil TIMSS 2015. Badan Penelitian dan Pengembangan Kemendikbud.
- Puspita, V., & Dewi, I. P. (2021). Efektifitas E-LKPD Berbasis Pendekatan Investigasi terhadap Kemampuan Berfikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(1), 86–96
- Resi, P. W. M., & Sihotang, H. (2023). Literasi Sains dalam Meningkatkan Kemampuan Bernalar Kritis dan Kreatif Sesuai dengan Profil Pelajar Pancasila pada SMA Negeri 02 Kabola. *Syntax Literate Jurnal Ilmiah Indonesia*, 8(10), 5639–5649. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v8i10.13730>
- Riputri, R., & Hadiyanti, A. H. D. (2024). Pengembangan Modul Pembelajaran IPAS Berbasis HOTS pada Materi Gaya Kelas IV SD. *Edukatif Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(2), 1151–1160. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i2.6426>
- Rodrigues, M. C. S., & Santos, J. P. (2024). Reflexões sobre o trabalho colaborativo remoto e suas contribuições para a formação docente na área de ciências da natureza: desenvolvendo o PBL e o Jigsaw. *Revista Caderno Pedagógico*, 21(8), e6298. <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n8-007>
- Romadhan, S., Fajarianingtyas, D. A., & Hidayat, J. N. (2024). Kelayakan Handout Tanaman Bawang Merah Dan Pemanfaatannya Sebagai Potensi Lokal Berbasis SDGs. *SNAPP*, 2(1), 329–332. <https://doi.org/10.24929/snapp.v2i1.3154>
- Rozali, D., Suyanti, R. D., & Dewi, R. (2024). Development of science LKPD based on inquiry training on HOTS-science literacy skills. *Inovasi Kurikulum*, 21(2), 1099–1112. <https://doi.org/10.17509/jik.v21i2.68936>
- Sincer, S., Özek, B. Y., & Selçuk, E. (2024). Türkiye's Educational Journey: Evaluating the Skills of Mathematics, Science, Reading, and Foreign Language in The Light of International Competition. *Participatory Educational Research*, 11(2), 135–157. <https://doi.org/10.17275/per.24.23.11.2>
- Sitorus, D. P., & Jahro, I. S. (2024). Analysis of Students' Scientific Literacy Ability in Solving HOTS-Based Chemistry Questions. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Kimia*, 6(2), 227. <https://doi.org/10.24114/jipk.v6i2.60730>
- Souza, R. C. de, Brandão, R. J. B., Ferreira, S. R. B., & Ferreira, W. S. (2024). Inovações No Ensino Com Aprendizagem Ativa Através De Museus De Ciências: 60–74. <https://doi.org/10.37885/240215674>
- Suastrawan, K. E., Suardana, I. N., & Sudiatmika, A. A. I. A. R. (2021). Pengembangan E-Modul IPA Smp Kelas VII Dengan Model Process Oriented Guided Inquiry Learning Berbasis Isu-Isu Sosial Sains Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa.

- Quantum Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 12(2), 199. <https://doi.org/10.20527/quantum.v12i2.11228>
- Suprianti, D., Munzil, M., Hadi, S., & Dasna, I. W. (2021). Guided Inquiry Model Assisted with Interactive Multimedia Influences Science Literacy and Science Learning Outcomes. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 5(3), 415. <https://doi.org/10.23887/jisd.v5i3.38802>
- Suwastikasari, A., & Ridlo, S. (2023). Development of Minimum Competency Assessment (AKM) Model Test for Learning Biology Excretion System Materials for Measuring Science Literacy in SMA Negeri 1 Bandar. *Journal of Biology Education*, 12(3), 298–305. <https://doi.org/10.15294/jbe.v12i3.62093>
- Syam, A. N., Rosmini, R., Rizalia, S., Sukmawati, S., & Wuriyani, E. (2024). Pelatihan Pembuatan & Penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Literasi Sains Bagi Guru. *Jurnal Pengabdian Dan Kewirausahaan*, 8(1). <https://doi.org/10.30813/jpk.v8i1.5310>
- Ulfa, N., & Sutiani, A. (2021). Pengembangan E-Modul Asam Basa Berbasis Literasi Sains. *Edukimia*, 3(3), 161–166. <https://doi.org/10.24036/ekj.v3.i3.a299>
- Uslan, U., Abdullah, N., Imami, M. K. W., & Aiman, U. (2024). The Effectiveness of the Local Knowledge-Based Module (LKBM) to Improve Students' Scientific Literacy and Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan Ipa Indonesia*, 13(1), 147–161. <https://doi.org/10.15294/jpii.v13i1.47561>
- Wangsa, G. N. A. S., Dantes, N., & Suastra, I.W. (2021). Pengembangan Instrumen Kemampuan Berpikir Kritis Dan Hasil Belajar IPA kelas V SD Gugus IV Kecamatan Gerokgak. *PENDASI: Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, 5(1), 139-15
- Wele, M. A., Lawe, Y. U., Suparmi, N. W., & Dinatha, N. M. (2024). Improving Scientific Literacy in Primary Schools Using Experimental Methods. *Edunesia Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 5(2), 1114–1127. <https://doi.org/10.51276/edu.v5i2.931>
- Yfandi, W. O. F. A., Damhuri, D., & Anas, M. (2024). Analisis Hubungan Literasi Sains Dengan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Berpikir Kreatif Siswa Pada Materi Sel Kelas Xi Ipa Di Sma Negeri Se-Kecamatan Tongkuno. *Jurnal Biofiskim Pendidikan Dan Pembelajaran Ipa*. <https://doi.org/10.33772/biofiskim.v6i1.884>
- Zahroh, D. A., & Yuliani, Y. (2021). Pengembangan e-LKPD Berbasis Literasi Sains untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Pertumbuhan dan Perkembangan. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (Bioedu)*, 10(3), 605–616. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v10n3.p605-616>
- Zanon, D. Ap. V., & Inácio, É. F. (2024). Meninas na Ciência: investigação e indícios de Alfabetização Científica. *Revista Tempos E Espaços Em Educação*, 17(36), e202025. <https://doi.org/10.20952/revtee.v17i36.20025>