Al-Musannif, Vol. 8, No. 1 (June 2026): 197-212
DOI: https://doi.org/10.65046/msn.v8i1.58

p-ISSN 2657-2362
e-ISSN 2684-7736

AL-MUSANNIF | EDUCATIONAL STUDIES
Character, Moral, and Community-Based Education | Research

https://journal.cognifera.web.id/index.php/al-musannif

Pengembangan Buku Ajar Berbasis *Deep Learning* pada Materi Bioteknologi Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP

Developing a Deep Learning-Based Textbook on Biotechnology to Improve Junior High School Students' Critical Thinking Skills

Revi Ruth Susanti*, Melva Silitonga, and Herbet Sipahutar
Department of Biology, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

Article History:
Received: June 5, 2026
Revised: June 26, 2026
Accepted: June 30, 2026

***Correspondence:**
Address:
Sumber gg. Jari no. 5 Tanjung Morawa, Kecamatan Tanjung Morawa 20362
Email:
reviruth1984@gmail.com

Keywords:
Textbook development, deep learning, biotechnology, critical thinking skills, junior high school

Abstract:
The development of students' critical thinking skills remains a challenge in science learning, particularly in biotechnology topics that require conceptual understanding and higher-order thinking. This study aimed to develop a biotechnology textbook based on *deep learning pedagogy* to improve junior high school students' critical thinking skills. The study employed a Research and Development (R&D) approach using the 4D model, consisting of *define, design, develop,* and *disseminate* stages. The research involved material experts, instructional design experts, layout experts, language experts, science teachers, and seventh-grade students. Data were collected through validation sheets, questionnaires, and critical thinking tests based on higher-order thinking skills (HOTS) at the cognitive levels of C4 (*analyzing*), C5 (*evaluating*), and C6 (*creating*). The findings indicated that the developed textbook met the criteria of validity, practicality, and effectiveness. Expert validation results showed very good qualifications, while teacher and student responses indicated excellent practicality. Furthermore, the textbook significantly improved students' critical thinking skills, as reflected in the higher posttest scores and *N-gain* results in the experimental class. The findings imply that a *deep learning*-based textbook can support meaningful science learning and strengthen critical thinking skills in the implementation of the Merdeka Curriculum.

PENDAHULUAN

Implementasi Kurikulum Merdeka menuntut transformasi pembelajaran menuju pengalaman belajar yang lebih bermakna, kontekstual, dan berorientasi pada penguatan kompetensi abad ke-21. Salah satu pendekatan yang diperkenalkan dalam implementasi kurikulum tersebut adalah pembelajaran mendalam (*deep learning pedagogy*), yaitu pendekatan pembelajaran yang menekankan terbentuknya pemahaman konseptual secara komprehensif melalui proses belajar yang sadar (mindful), bermakna (meaningful), dan menggembirakan (joyful) (Syaifulloh 2025; Kurdi dan Sufyan 2025). Pembelajaran mendalam

©2026 Al-Musannif | Licensed under CC BY 4.0

tidak hanya berorientasi pada penguasaan informasi, tetapi juga mendorong peserta didik untuk merefleksikan proses belajarnya, menghubungkan pengetahuan dengan konteks kehidupan nyata, serta membangun pemahaman yang dapat digunakan untuk memecahkan berbagai permasalahan secara kritis dan kreatif. Dalam konteks pembelajaran IPA, pendekatan ini menjadi penting karena karakteristik materi IPA tidak hanya menuntut penguasaan konsep, tetapi juga kemampuan menganalisis fenomena, memecahkan masalah, mengevaluasi bukti ilmiah, dan membangun argumentasi berdasarkan data yang relevan.

Prinsip mindful dalam pembelajaran mendalam mendorong peserta didik untuk belajar secara sadar melalui kegiatan refleksi, identifikasi pengetahuan awal, dan pemantauan proses berpikir selama pembelajaran berlangsung. Prinsip meaningful menekankan keterkaitan antara materi yang dipelajari dengan fenomena kehidupan nyata sehingga peserta didik mampu memahami relevansi dan manfaat pengetahuan yang dipelajari. Sementara itu, prinsip joyful diwujudkan melalui pengalaman belajar yang menarik, menantang, dan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk terlibat aktif dalam proses pembelajaran (Syaifulloh, 2025; Kurdi dan Sufyan 2025). Ketiga prinsip tersebut saling melengkapi dalam membangun pengalaman belajar yang tidak hanya berpusat pada hasil belajar, tetapi juga pada kualitas proses belajar yang dialami peserta didik.

Meskipun memiliki beberapa kesamaan dengan pendekatan pembelajaran lain, deep learning pedagogy memiliki karakteristik yang berbeda. Problem-Based Learning berfokus pada penyelesaian masalah sebagai strategi utama pembelajaran, sedangkan Inquiry Learning menekankan proses penyelidikan ilmiah untuk menemukan konsep atau prinsip tertentu. Constructivist Learning lebih menitikberatkan pada proses konstruksi pengetahuan berdasarkan pengalaman belajar peserta didik, sementara Meaningful Learning berorientasi pada pengaitan informasi baru dengan struktur pengetahuan yang telah dimiliki sebelumnya. Berbeda dengan pendekatan-pendekatan tersebut, deep learning pedagogy mengintegrasikan refleksi metakognitif, keterhubungan kontekstual, keterlibatan emosional, dan pengalaman belajar yang positif dalam satu kerangka pembelajaran yang utuh. Oleh karena itu, pendekatan ini dipandang memiliki potensi yang kuat untuk mendukung pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi, khususnya kemampuan berpikir kritis.

Pembelajaran IPA pada jenjang SMP idealnya tidak hanya berorientasi pada penguasaan pengetahuan faktual, tetapi juga pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi (higher order thinking skills), terutama kemampuan berpikir kritis (Jannah 2021). Kemampuan berpikir kritis merupakan kemampuan peserta didik untuk menganalisis informasi, mengevaluasi bukti, menyusun argumentasi logis, dan mengambil keputusan secara rasional dalam menyelesaikan permasalahan (Rendi dkk. 2024). Dalam pembelajaran sains, kemampuan ini menjadi esensial karena memungkinkan peserta didik memahami konsep secara lebih mendalam, menginterpretasikan data ilmiah secara objektif, serta menghubungkan teori dengan fenomena kehidupan nyata.

Namun demikian, kemampuan berpikir kritis peserta didik di Indonesia masih menjadi persoalan yang perlu mendapat perhatian. Hasil Programme for International Student Assessment (PISA) menunjukkan bahwa performa peserta didik Indonesia dalam literasi sains masih berada pada kategori rendah, khususnya pada aspek penalaran ilmiah, evaluasi bukti, dan

pemecahan masalah berbasis konteks (Ariani dkk. 2025). Kondisi ini mengindikasikan bahwa peserta didik masih mengalami kesulitan dalam menganalisis informasi ilmiah, mengevaluasi alternatif solusi, serta menarik kesimpulan logis berdasarkan data empiris. Rendahnya kemampuan berpikir kritis tersebut dipengaruhi oleh proses pembelajaran yang masih cenderung berpusat pada guru (teacher-centered), menekankan hafalan konsep, dan kurang memberikan ruang bagi peserta didik untuk melakukan eksplorasi serta penyelidikan ilmiah (Azzahra dkk. 2024).

Permasalahan tersebut juga ditemukan pada pembelajaran IPA di SMP Negeri 3 Tanjungmorawa berdasarkan hasil wawancara guru IPA dan observasi awal pembelajaran. Proses pembelajaran masih didominasi metode ceramah dan penugasan dengan penggunaan bahan ajar yang terbatas pada buku teks sekolah. Kondisi ini menyebabkan peserta didik kurang terlibat aktif dalam proses pembelajaran sehingga pemahaman konsep cenderung bersifat hafalan. Pada materi bioteknologi, peserta didik lebih banyak mengingat istilah, nama mikroorganisme, dan produk bioteknologi tanpa memahami prinsip kerja, mekanisme, serta dampak penerapannya dalam kehidupan sehari-hari (Avivi dkk. 2023). Akibatnya, peserta didik belum terbiasa melakukan analisis, evaluasi, refleksi, maupun pengambilan keputusan ilmiah yang menjadi indikator kemampuan berpikir kritis.

Materi bioteknologi merupakan salah satu topik penting dalam pembelajaran IPA karena memiliki keterkaitan erat dengan kehidupan sehari-hari dan perkembangan ilmu pengetahuan modern (Hadianty dkk. 2025). Pemahaman terhadap bioteknologi tidak cukup hanya pada aspek konseptual, tetapi juga memerlukan kemampuan peserta didik dalam mengevaluasi manfaat, risiko, serta dampak penerapan bioteknologi terhadap bidang kesehatan, lingkungan, pangan, dan teknologi (Fatmah 2021). Akan tetapi, karakteristik materi yang relatif abstrak sering kali menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan memahami konsep secara mendalam apabila pembelajaran hanya mengandalkan metode konvensional dan bahan ajar yang bersifat informatif semata.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah melalui pengembangan bahan ajar inovatif yang mendukung implementasi pembelajaran mendalam. Buku ajar tidak hanya berfungsi sebagai sumber informasi, tetapi juga sebagai media pedagogis yang mampu membimbing peserta didik membangun pemahaman konseptual secara bertahap, reflektif, dan kontekstual (Rusmaini dkk. 2025). Dalam perspektif pembelajaran mendalam, buku ajar seharusnya tidak hanya menyajikan materi pembelajaran, tetapi juga memfasilitasi proses refleksi, eksplorasi konsep, analisis kasus, evaluasi informasi, dan pemecahan masalah yang mendorong peserta didik berpikir secara kritis.

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengembangan bahan ajar dan modul pembelajaran mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Penelitian Septia dan Jasiah (2025) menunjukkan bahwa pengembangan bahan ajar melalui pendekatan saintifik, problem based learning, inquiry learning, maupun integrasi teknologi digital berkontribusi terhadap peningkatan hasil belajar dan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada pengembangan modul, media pembelajaran, atau implementasi model pembelajaran tertentu, sehingga fungsi bahan ajar lebih banyak ditempatkan sebagai pendukung pembelajaran. Selain

itu, penelitian-penelitian sebelumnya umumnya menitikberatkan pada aktivitas pemecahan masalah atau penemuan konsep, tetapi belum secara eksplisit mengintegrasikan proses refleksi pembelajaran, keterhubungan konsep dengan konteks kehidupan nyata, dan pengalaman belajar yang menyenangkan dalam satu desain bahan ajar yang sistematis.

Implementasi pembelajaran mendalam sebagai paradigma baru dalam Kurikulum Merdeka juga masih relatif terbatas dalam konteks pengembangan bahan ajar IPA, khususnya pada materi bioteknologi yang diarahkan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik (Junaidi dkk. 2025). Padahal, karakteristik materi bioteknologi sangat memungkinkan peserta didik untuk melakukan analisis isu-isu kontekstual, mengevaluasi dampak perkembangan teknologi, serta mengembangkan argumentasi ilmiah berbasis bukti. Dengan demikian, masih terdapat kebutuhan untuk menghadirkan bahan ajar yang mampu mengintegrasikan prinsip-prinsip pembelajaran mendalam ke dalam aktivitas belajar yang terstruktur dan berorientasi pada penguatan kemampuan berpikir kritis.

Berdasarkan uraian tersebut, research gap penelitian ini terletak pada masih terbatasnya pengembangan buku ajar IPA berbasis deep learning pedagogy yang secara khusus dirancang untuk memfasilitasi keterpaduan aspek mindful, meaningful, dan joyful dalam pembelajaran bioteknologi sekaligus mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Kebaruan (novelty) penelitian ini tidak hanya terletak pada pengembangan produk buku ajar baru, tetapi juga pada desain buku ajar yang secara sistematis menerjemahkan prinsip-prinsip pembelajaran mendalam ke dalam struktur dan aktivitas pembelajaran. Buku ajar yang dikembangkan memuat pertanyaan reflektif, fenomena kontekstual, studi kasus bioteknologi, aktivitas analisis dan evaluasi, latihan berpikir kritis berbasis HOTS pada level C4 (analyzing), C5 (evaluating), dan C6 (creating), serta kegiatan pemecahan masalah yang berkaitan dengan penerapan bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari. Karakteristik tersebut membedakan buku ajar yang dikembangkan dari buku ajar konvensional yang umumnya masih berfokus pada penyampaian materi dan latihan pemahaman konsep.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan buku ajar berbasis deep learning pada materi bioteknologi yang valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMP Negeri 3 Tanjungmorawa.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model pengembangan 4D yang dikemukakan oleh Thiagarajan yang meliputi tahap define (pendefinisian), design (perancangan), develop (pengembangan), dan disseminate (penyebaran). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan buku ajar bioteknologi berbasis pembelajaran mendalam (deep learning pedagogy) guna meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMP.

Penelitian dilaksanakan di SMP Negeri 3 Tanjungmorawa pada semester genap tahun ajaran 2025/2026. Subjek penelitian terdiri atas validator ahli, guru IPA, dan siswa kelas IX SMP Negeri 3 Tanjungmorawa. Validator meliputi dua ahli materi, dua ahli desain pembelajaran, dua ahli desain layout, dan dua ahli bahasa. Pemilihan validator dilakukan secara purposive berdasarkan kompetensi dan pengalaman yang relevan dengan bidang keahliannya. Ahli materi merupakan dosen atau praktisi pendidikan yang memiliki kompetensi pada bidang

IPA atau biologi, ahli desain pembelajaran memiliki kompetensi dalam pengembangan perangkat dan strategi pembelajaran, ahli desain layout memiliki pengalaman dalam pengembangan media atau bahan ajar pendidikan, sedangkan ahli bahasa memiliki kompetensi dalam bidang bahasa Indonesia dan penyuntingan naskah akademik. Validator dilibatkan untuk menilai kelayakan isi, desain pembelajaran, tampilan, dan kebahasaan buku ajar yang dikembangkan.

Tahap define dilakukan melalui analisis kurikulum, analisis kebutuhan siswa, dan analisis kebutuhan guru. Analisis kurikulum difokuskan pada capaian pembelajaran IPA Fase D Kurikulum Merdeka, khususnya materi bioteknologi. Analisis kebutuhan siswa dan guru dilakukan melalui observasi dan wawancara untuk mengidentifikasi karakteristik pembelajaran, kendala penggunaan bahan ajar, serta kebutuhan terhadap sumber belajar yang mendukung pembelajaran mendalam dan kemampuan berpikir kritis.

Tahap design meliputi penyusunan rancangan awal buku ajar, pemilihan format, penyusunan materi, serta pengembangan instrumen penelitian. Buku ajar dirancang berdasarkan prinsip pembelajaran mendalam yang menekankan pembelajaran sadar (mindful), bermakna (meaningful), dan menggembirakan (joyful). Prinsip mindful diwujudkan melalui aktivitas refleksi dan identifikasi pengetahuan awal siswa. Prinsip meaningful diwujudkan melalui penyajian fenomena kontekstual dan kasus-kasus penerapan bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari. Sementara itu, prinsip joyful diwujudkan melalui aktivitas diskusi, eksplorasi masalah, dan latihan berpikir kritis yang menantang serta sesuai dengan karakteristik peserta didik SMP. Materi yang dikembangkan difokuskan pada topik bioteknologi kelas IX SMP yang disesuaikan dengan capaian pembelajaran Kurikulum Merdeka.

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi lembar validasi ahli, angket respons guru, angket respons siswa, serta tes kemampuan berpikir kritis. Sebelum digunakan dalam penelitian, seluruh instrumen terlebih dahulu divalidasi melalui expert judgment oleh validator sesuai bidang keahliannya. Proses validasi dilakukan dengan menilai kesesuaian indikator, relevansi isi, kejelasan konstruk, keterbacaan bahasa, dan kesesuaian instrumen dengan tujuan penelitian. Masukan dan saran dari validator digunakan sebagai dasar revisi instrumen hingga diperoleh instrumen yang layak digunakan dalam penelitian.

Tahap develop dilakukan melalui validasi ahli dan uji coba produk. Validasi dilakukan terhadap aspek materi, desain pembelajaran, desain layout, dan bahasa untuk memperoleh masukan terkait kelayakan isi, kualitas penyajian, tampilan produk, kebahasaan, serta kesesuaian buku ajar dengan prinsip pembelajaran mendalam. Hasil validasi digunakan sebagai dasar revisi produk hingga diperoleh buku ajar yang layak untuk diuji coba. Setelah revisi dilakukan, tahap berikutnya adalah uji kepraktisan melalui angket respons guru dan siswa untuk mengetahui tingkat kemudahan penggunaan, keterbacaan, kemenarikan, dan kebermanfaatan buku ajar dalam pembelajaran.

Uji efektivitas dilakukan menggunakan desain pretest-posttest control group design. Subjek uji efektivitas terdiri atas 60 siswa yang terbagi ke dalam kelas eksperimen dan kelas kontrol, masing-masing berjumlah 30 siswa. Pemilihan kelas dilakukan menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan karakteristik kelas yang relevan dengan tujuan penelitian. Kelas eksperimen menggunakan buku ajar berbasis pembelajaran mendalam yang

dikembangkan, sedangkan kelas kontrol menggunakan bahan ajar yang biasa digunakan sekolah. Sebelum pembelajaran berlangsung, kedua kelas diberikan pretest untuk mengetahui kemampuan awal berpikir kritis siswa. Setelah proses pembelajaran selesai, kedua kelas diberikan posttest untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis setelah penggunaan buku ajar.

Untuk meminimalkan pengaruh variabel luar terhadap hasil penelitian, kelas eksperimen dan kelas kontrol diberikan materi pembelajaran yang sama, tujuan pembelajaran yang sama, alokasi waktu yang sama, serta dilaksanakan pada periode pembelajaran yang setara. Selain itu, kedua kelas diajar oleh guru yang sama sehingga perbedaan hasil yang diperoleh lebih mencerminkan pengaruh penggunaan buku ajar berbasis pembelajaran mendalam dibandingkan faktor eksternal lainnya. Kesetaraan kemampuan awal siswa juga dikontrol melalui pemberian pretest sebelum perlakuan.

Tahap disseminate dilakukan secara terbatas melalui penyebarluasan produk kepada guru IPA SMP Negeri 3 Tanjungmorawa sebagai alternatif bahan ajar yang dapat digunakan dalam implementasi pembelajaran mendalam pada materi bioteknologi.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi observasi, wawancara, angket, dan tes. Observasi dan wawancara digunakan pada tahap analisis kebutuhan untuk memperoleh informasi awal terkait proses pembelajaran IPA dan penggunaan bahan ajar di sekolah. Angket digunakan untuk memperoleh data validasi ahli serta respons guru dan siswa terhadap produk yang dikembangkan. Sementara itu, tes kemampuan berpikir kritis berupa pretest dan posttest digunakan untuk mengukur efektivitas buku ajar dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi bioteknologi. Instrumen tes dikembangkan berdasarkan indikator kemampuan berpikir kritis pada tingkat kognitif C4 (analyzing), C5 (evaluating), dan C6 (creating) dalam Taksonomi Bloom revisi.

Teknik analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dan inferensial. Data hasil validasi ahli, respons guru, dan respons siswa dianalisis menggunakan persentase skor skala Likert untuk menentukan tingkat kelayakan dan kepraktisan produk. Produk dinyatakan layak apabila memperoleh kategori layak atau sangat layak. Data hasil pretest dan posttest dianalisis menggunakan uji N-gain untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, data diuji normalitas menggunakan uji Shapiro–Wilk dan homogenitas menggunakan uji Levene dengan bantuan perangkat lunak SPSS versi 20. Selanjutnya, perbedaan kemampuan berpikir kritis antara kelas eksperimen dan kelas kontrol dianalisis menggunakan independent sample t-test pada taraf signifikansi 0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelayakan dan Kepraktisan Buku Ajar Bioteknologi Berbasis Pembelajaran Mendalam

Penelitian ini menghasilkan produk berupa buku ajar bioteknologi berbasis pembelajaran mendalam (*deep learning pedagogy*) untuk siswa SMP. Pengembangan buku ajar dilakukan menggunakan model 4D (*define, design, develop,* dan *disseminate*) dengan tujuan menghasilkan bahan ajar yang valid, praktis, dan efektif dalam mendukung peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi bioteknologi. Kemampuan berpikir kritis dalam penelitian ini diukur melalui tes berbasis *higher order thinking skills* (HOTS) pada level

kognitif C4 (*analyzing*), C5 (*evaluating*), dan C6 (*creating*), yang menekankan kemampuan peserta didik dalam menganalisis, mengevaluasi, dan menyelesaikan permasalahan kontekstual.

Kelayakan buku ajar ditinjau berdasarkan hasil validasi oleh ahli materi, ahli desain pembelajaran, ahli *layout*, dan ahli bahasa. Validasi dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian isi, tampilan, desain pembelajaran, dan keterbacaan bahasa pada buku ajar yang dikembangkan.

Tabel 1. Hasil Validasi Ahli terhadap Buku Ajar

No	Aspek Validasi	Persentase (%)	Kriteria
1	Ahli materi	94,0	Sangat baik
2	Ahli desain pembelajaran	90,1	Sangat baik
3	Ahli *layout*	93,7	Sangat baik
4	Ahli Bahasa	80,8	Baik

Hasil validasi oleh ahli materi memperoleh persentase sebesar 94,0% dengan kategori sangat baik. Penilaian ini menunjukkan bahwa isi materi dalam buku ajar telah sesuai dengan capaian pembelajaran IPA Fase D Kurikulum Merdeka, karakteristik peserta didik SMP, serta substansi materi bioteknologi. Aspek yang dinilai meliputi kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran, ketepatan konsep, kedalaman materi, aktualitas informasi, serta kesesuaian contoh-contoh kontekstual yang disajikan. Tingginya hasil validasi pada aspek materi menunjukkan bahwa buku ajar telah mampu mengintegrasikan konsep pembelajaran mendalam melalui aktivitas yang mendorong siswa berpikir reflektif, menganalisis permasalahan, dan menghubungkan konsep bioteknologi dengan kehidupan sehari-hari. Temuan ini mendukung pendapat Yun dkk. (2026) bahwa pembelajaran dalam Kurikulum Merdeka harus menekankan pengalaman belajar bermakna yang mendorong penguatan kompetensi berpikir tingkat tinggi peserta didik.

Pada hasil validasi oleh ahli desain pembelajaran memperoleh persentase sebesar 90,1% dengan kategori sangat baik. Penilaian ini menunjukkan bahwa struktur penyajian materi, sistematika pembelajaran, dan integrasi aktivitas belajar dalam buku ajar telah sesuai dengan prinsip pembelajaran mendalam (*deep learning pedagogy*). Aspek yang dinilai meliputi kesesuaian tujuan pembelajaran, alur penyajian materi, aktivitas pembelajaran, keterpaduan evaluasi, serta kemampuan buku ajar dalam memfasilitasi keterlibatan aktif peserta didik. Buku ajar dirancang tidak hanya menyampaikan informasi, tetapi juga memberikan ruang kepada siswa untuk mengeksplorasi konsep, melakukan refleksi, berdiskusi, dan menyelesaikan masalah kontekstual terkait bioteknologi. Hasil ini menunjukkan bahwa desain pembelajaran dalam buku ajar telah mendukung pembelajaran yang berpusat pada peserta didik (*student centered learning*), sebagaimana dikemukakan oleh Ismawan dkk. (2024) bahwa bahan ajar yang baik harus mampu memfasilitasi aktivitas belajar mandiri dan interaktif.

Sementara pada hasil validasi oleh ahli *layout* memperoleh persentase sebesar 93,7% dengan kategori sangat baik. Penilaian ini menunjukkan bahwa tampilan visual buku ajar dinilai menarik, sistematis, dan sesuai dengan karakteristik peserta didik SMP. Aspek yang dinilai

meliputi tata letak teks dan gambar, pemilihan jenis huruf, konsistensi format, penggunaan warna, kualitas ilustrasi, dan kemenarikan visual secara keseluruhan. Buku ajar disusun dengan memperhatikan prinsip keterbacaan dan daya tarik visual agar siswa lebih mudah memahami materi yang bersifat abstrak, khususnya konsep-konsep bioteknologi. Tampilan visual yang baik diketahui dapat meningkatkan motivasi belajar dan minat baca peserta didik. Hal ini sejalan dengan pendapat Sabrina dkk. (2023) bahwa desain visual bahan ajar memiliki pengaruh terhadap efektivitas pembelajaran karena membantu siswa memahami informasi secara lebih mudah dan terstruktur.

Penilaian terakhir adalah validasi oleh ahli bahasa yang memperoleh persentase sebesar 80,8% dengan kategori baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan dalam buku ajar telah komunikatif, mudah dipahami, dan sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik SMP, meskipun masih memerlukan beberapa perbaikan minor. Aspek yang dinilai meliputi kejelasan kalimat, kesesuaian struktur bahasa, penggunaan istilah ilmiah, ketepatan ejaan, serta keterbacaan teks. Validator menilai bahwa secara umum bahasa dalam buku ajar telah cukup baik dalam menyampaikan materi secara efektif, namun terdapat beberapa revisi yang perlu dilakukan terkait konsistensi penggunaan istilah ilmiah dan penyederhanaan struktur kalimat agar lebih mudah dipahami peserta didik. Menurut Pratiwi (2022), bahasa dalam bahan ajar harus bersifat komunikatif, sederhana, dan sesuai dengan tingkat perkembangan kognitif siswa agar dapat meningkatkan pemahaman konsep secara optimal. Oleh karena itu, revisi kebahasaan dilakukan untuk meningkatkan kualitas keterbacaan buku ajar sebelum digunakan pada tahap implementasi.

Hasil validasi secara keseluruhan menunjukkan bahwa buku ajar yang dikembangkan telah memenuhi aspek kelayakan isi, penyajian, tampilan, dan kebahasaan sehingga layak digunakan dalam pembelajaran IPA materi bioteknologi. Temuan ini mendukung pendapat bahwa bahan ajar yang baik harus memenuhi standar validitas agar mampu mendukung ketercapaian tujuan pembelajaran secara optimal. Kepraktisan buku ajar selanjutnya ditinjau melalui respon guru dan peserta didik setelah penggunaan produk dalam pembelajaran. Penilaian dilakukan untuk mengetahui kemudahan penggunaan, daya tarik, keterbacaan, dan kebermanfaatan buku ajar dalam mendukung proses pembelajaran.

Tabel 2. Hasil Respon Guru dan Peserta Didik terhadap Buku Ajar

No	Responden	Persentase (%)	Kriteria
1	Guru IPA	97,9	Sangat baik
2	Uji perorangan	100	Sangat baik
3	Uji kelompok kecil	99,0	Sangat baik
4	Uji kelompok terbatas	99,6	Sangat baik

Hasil tanggapan guru menunjukkan persentase sebesar 97,9% dengan kategori sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa buku ajar dinilai mudah digunakan, relevan dengan kebutuhan pembelajaran IPA, serta mampu membantu guru dalam menerapkan pembelajaran mendalam pada materi bioteknologi. Guru menilai bahwa aktivitas pembelajaran dalam buku ajar mampu mendorong keterlibatan aktif siswa melalui diskusi, analisis kasus, dan kegiatan

reflektif. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa bahan ajar inovatif dapat meningkatkan efektivitas proses pembelajaran dan mempermudah guru dalam mencapai tujuan pembelajaran (Mea 2024).

Respon peserta didik pada uji perorangan, kelompok kecil, dan kelompok terbatas juga menunjukkan kategori sangat baik dengan rentang persentase 99–100%. Tingginya respon siswa menunjukkan bahwa buku ajar dinilai menarik, mudah dipahami, serta membantu siswa memahami konsep bioteknologi secara lebih kontekstual. Hal tersebut menunjukkan bahwa integrasi aktivitas berbasis masalah dalam pembelajaran mampu meningkatkan keterlibatan kognitif peserta didik, sebagaimana dikemukakan oleh Mailani dkk. (2022) bahwa aktivitas belajar yang melibatkan analisis dan evaluasi dapat memperkuat kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa buku ajar yang dikembangkan tidak hanya layak secara teoritis, tetapi juga praktis digunakan dalam pembelajaran IPA. Integrasi prinsip pembelajaran mendalam dalam buku ajar memungkinkan siswa memperoleh pengalaman belajar yang lebih aktif, reflektif, dan kontekstual, sehingga mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis pada materi bioteknologi.

Efektivitas Buku Ajar terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

Efektivitas buku ajar bioteknologi berbasis pembelajaran mendalam dianalisis melalui hasil *pretest* dan *posttest* kemampuan berpikir kritis siswa pada materi bioteknologi.

Tabel 3. Rata-rata Nilai Pretest dan Posttest Kemampuan Berpikir Kritis

Kelas	Pretest	Posttest
Kontrol	54,0	70,3
Eksperimen	52,2	87,8

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan buku ajar berbasis *deep learning pedagogy* memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi bioteknologi. Rata-rata nilai pretest pada kelas eksperimen sebesar 52,2 meningkat menjadi 87,8 pada posttest, sedangkan pada kelas kontrol meningkat dari 54,0 menjadi 70,3. Meskipun kemampuan awal kedua kelompok relatif setara, hasil posttest menunjukkan bahwa siswa yang belajar menggunakan buku ajar berbasis *deep learning* memperoleh peningkatan kemampuan berpikir kritis yang lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang menggunakan buku teks konvensional.

Tabel 4. Uji Normalitas Hasil Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

	Kelas	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Hasil	Pretes Kelas Kontrol	.120	30	.200*	.959	30	.072
	Postes Kelas Kontrol	.112	30	.200*	.937	30	.077
	Pretes Kelas Eksperimen	.135	30	.171	.936	30	.284
	Postes Kelas Eksperimen	.147	30	.097	.941	30	.100

Berdasarkan hasil analisis data pada Tabel 4 diperoleh nilai uji normalitas bila nilai signifikan > 0,05 maka dinyatakan data berdistribusi normal. Dengan Uji Shapiro-Wilk pada Hasil kemampuan berpikir kritis pada kelas eksperimen memiliki nilai signifikan pretest 0,284

dan postest 0,10. Sementara pada kelas kontrol memiliki nilai signifikan pretest 0,072 dan postest 0,077. Dengan demikian hasil ini menunjukkan data berdistribusi normal.

Tabel 5. Uji Homogenitas Hasil Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Hasil kemampuan berpikir kritis	Based on Mean	1.527	1	58	.222
	Based on Median	1.516	1	58	.223
	Based on Median and with adjusted df	1.516	1	48.428	.224
	Based on trimmed mean	1.511	1	58	.224

Dari Tabel 5 hasil uji homogenitas dari hasil belajar afektif diperoleh Sig. 0,222 > 0,05. Sehingga dari hasil uji homogenitas dengan uji levene, data hasil belajar kognitif dari kedua kelompok memiliki varians yang sama (homogen).

Tabel 6. Uji Hipotesis Hasil Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference
									Lower	Upper
Hasil	Equal variances assumed	1.527	.222	-7.107	58	.000	-17.333	2.439	-22.215	-12.451
	Equal variances not assumed			-7.107	50.724	.000	-17.333	2.439	-22.230	-12.436

Hasil *independent sample t-test* menunjukkan nilai t = -7,107 dengan derajat kebebasan (df) = 58 dan nilai signifikansi sebesar 0,000 (p < 0,05). Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan berpikir kritis siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah perlakuan diberikan.

Selisih rata-rata kedua kelompok sebesar 17,333 dengan interval kepercayaan 95% berada pada rentang -22,215 hingga -12,451. Interval kepercayaan yang tidak melintasi nilai nol menunjukkan bahwa perbedaan yang terjadi merupakan pengaruh nyata dari penggunaan buku ajar berbasis *deep learning*.

Selain signifikan secara statistik, penggunaan buku ajar berbasis *deep learning* juga menunjukkan pengaruh yang sangat kuat secara praktis. Berdasarkan data rata-rata dan standar deviasi hasil posttest diperoleh ukuran efek (*effect size*) Cohen's d sebesar 2,05 yang termasuk kategori sangat besar (*very large effect size*). Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan buku ajar tidak hanya meningkatkan kemampuan berpikir kritis secara signifikan, tetapi juga memberikan dampak pendidikan yang kuat terhadap proses pembelajaran peserta didik.

Tabel 7. Data Hasil Uji N-Gain Skor Berpikir Kritis Siswa

Kelas	N-gain	Interpretasi
Kontrol	0,31	Sedang
Eksperimen	0,7	Tinggi

Nilai rata-rata N-Gain pada kelas eksperimen sebesar 0,70 berada pada kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol memperoleh nilai rata-rata sebesar 0,31 yang berada pada kategori sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik yang belajar menggunakan buku ajar berbasis *deep learning* lebih tinggi dibandingkan peserta didik yang menggunakan buku teks konvensional.

Peningkatan kemampuan berpikir kritis tersebut tidak semata-mata disebabkan oleh penyajian materi yang lebih lengkap, tetapi juga oleh mekanisme pembelajaran yang dibangun melalui prinsip pembelajaran mendalam. Buku ajar yang dikembangkan memuat fenomena kontekstual, studi kasus bioteknologi, pertanyaan reflektif, aktivitas diskusi, dan latihan pemecahan masalah yang mendorong siswa melakukan analisis, evaluasi, serta pengambilan keputusan berdasarkan alasan yang logis.

Dalam perspektif *deep learning pedagogy*, prinsip *mindful* mendorong peserta didik merefleksikan proses berpikir dan pemahamannya terhadap materi yang dipelajari. Prinsip *meaningful* membantu peserta didik menghubungkan konsep bioteknologi dengan konteks kehidupan nyata sehingga pengetahuan yang diperoleh menjadi lebih bermakna dan mudah ditransfer ke situasi baru. Sementara itu, prinsip *joyful* meningkatkan keterlibatan dan motivasi belajar melalui aktivitas yang menantang dan relevan dengan kebutuhan peserta didik.

Integrasi ketiga prinsip tersebut menghasilkan keterlibatan kognitif yang lebih tinggi sehingga peserta didik mampu melakukan interpretasi, analisis, evaluasi bukti, dan penyusunan argumentasi secara lebih baik. Temuan ini menunjukkan bahwa efektivitas buku ajar tidak hanya terletak pada penyampaian materi pembelajaran, tetapi juga pada kemampuannya memfasilitasi proses konstruksi pengetahuan secara aktif.

Peningkatan kemampuan berpikir kritis pada kelas eksperimen terjadi karena aktivitas pembelajaran dalam buku ajar dirancang untuk mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar. Peserta didik tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi diarahkan untuk menganalisis kasus, mengevaluasi penerapan bioteknologi, serta menghubungkan konsep dengan fenomena nyata dalam kehidupan sehari-hari. Aktivitas pembelajaran yang bersifat kontekstual dan reflektif memberikan kesempatan kepada siswa untuk membangun pemahaman konseptual secara lebih mendalam. Temuan ini sejalan dengan penelitian Maulidya dkk. (2025) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis *deep learning pedagogy* mampu meningkatkan keterlibatan kognitif peserta didik melalui aktivitas reflektif dan pemecahan masalah kontekstual.

Hasil penelitian ini juga mendukung pandangan bahwa pembelajaran mendalam berperan dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills*). Menurut Maghfira dkk. (2026), kemampuan berpikir kritis berkembang ketika peserta didik dilatih untuk melakukan interpretasi, analisis, evaluasi, dan pengambilan keputusan berbasis alasan logis. Selain itu, implementasi Kurikulum Merdeka mendorong pembelajaran yang lebih bermakna dan berorientasi pada penguatan kompetensi abad ke-21, termasuk kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah (Sartika 2025). Dengan demikian, penggunaan buku ajar berbasis pembelajaran mendalam efektiv menjadi alternatif bahan ajar inovatif yang mendukung implementasi Kurikulum Merdeka, khususnya dalam penguatan kemampuan berpikir kritis siswa pada pembelajaran IPA materi bioteknologi.

Analisis Indikator Kemampuan Berpikir Kritis

Analisis indikator kemampuan berpikir kritis dilakukan untuk melihat ketercapaian kemampuan siswa berdasarkan persentase jawaban benar pada setiap indikator soal berbasis HOTS. Indikator yang diukur meliputi kemampuan menganalisis (C4), mengevaluasi (C5), dan mencipta (C6) dalam konteks materi bioteknologi. Hasil analisis menunjukkan bahwa ketercapaian indikator pada kelas eksperimen secara umum lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol.

Tabel 4. Ketercapaian Indikator Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

No	Indikator Soal	Kontrol (%)	Kategori	Eksperimen (%)	Kategori
1	Mengidentifikasi mikroorganisme untuk menciptakan produk secara teknologi	48,0	Sedang	58,0	Sedang
2	Menganalisis dampak negatif bioteknologi	58,0	Sedang	57,3	Sedang
3	Mendeskripsikan konsep kultur jaringan, kloning, dan rekayasa genetika	55,0	Sedang	57,0	Sedang
4	Mengidentifikasi mikroorganisme untuk barang dan jasa teknologi	69,3	Tinggi	66,7	Tinggi
5	Menganalisis proses bioteknologi	50,4	Sedang	52,4	Sedang
6	Menganalisis dampak penerapan dan pengembangan bioteknologi	66,0	Tinggi	64,0	Tinggi
7	Mengevaluasi bioteknologi pada kehidupan	82,0	Sangat Tinggi	82,0	Sangat Tinggi
	Rata-rata	61,2	Tinggi	62,5	Tinggi

Analisis kemampuan berpikir kritis menunjukkan bahwa sebagian besar indikator mengalami peningkatan setelah penggunaan buku ajar bioteknologi berbasis *deep learning*. Ketercapaian indikator pada kelas eksperimen cenderung lebih baik dibandingkan dengan kelas kontrol, yang mengindikasikan bahwa aktivitas pembelajaran berbasis pemecahan masalah, refleksi, dan keterlibatan aktif peserta didik mampu mendukung penguatan kemampuan berpikir kritis. Temuan ini sejalan dengan penelitian Fahmi dkk. (2024) yang menyatakan bahwa bahan ajar inovatif berbasis aktivitas kontekstual dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Indikator dengan capaian tertinggi terdapat pada kemampuan mengevaluasi penerapan bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari sebesar 82,0% (kategori sangat tinggi). Hasil ini menunjukkan bahwa peserta didik mampu menghubungkan konsep dengan fenomena nyata melalui aktivitas studi kasus dan refleksi yang terdapat dalam buku ajar. Temuan tersebut sesuai dengan pendapat Panjaitan dan Situmorang (2026) yang menegaskan bahwa kemampuan evaluatif berkembang melalui latihan berpikir reflektif dan penyelesaian masalah berbasis konteks nyata.

Sebaliknya, capaian terendah ditemukan pada kemampuan mengidentifikasi mikroorganisme pada kelas kontrol (48,0%) dan menganalisis proses bioteknologi pada kelas eksperimen (52,4%). Hasil ini menunjukkan bahwa peserta didik masih mengalami kesulitan memahami konsep yang bersifat abstrak dan mikroskopis. Menurut Wahyuningsih dan Hidayati (2025), kemampuan analisis memerlukan pemahaman konseptual yang kuat serta pengalaman belajar yang berulang dan kontekstual.

Meskipun perbedaan capaian pada beberapa indikator relatif kecil, hasil *posttest* dan analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan kemampuan berpikir kritis yang signifikan secara keseluruhan. Dengan demikian, buku ajar berbasis *deep learning* tidak hanya meningkatkan penguasaan konsep, tetapi juga mendorong kemampuan analisis, evaluasi, dan pengambilan keputusan peserta didik. Secara keseluruhan, buku ajar yang dikembangkan memenuhi aspek kelayakan, kepraktisan, dan efektivitas serta mendukung implementasi pembelajaran mendalam dalam Kurikulum Merdeka (Eryanto dan Prasetyono 2025).

PENUTUP

Meskipun hasil penelitian menunjukkan bahwa buku ajar bioteknologi berbasis pembelajaran mendalam (*deep learning pedagogy*) memiliki tingkat kelayakan, kepraktisan, dan efektivitas yang baik, temuan penelitian ini perlu ditafsirkan secara proporsional sesuai dengan konteks pelaksanaannya. Penelitian dilakukan pada satu sekolah dengan jumlah sampel yang relatif terbatas, sehingga hasil yang diperoleh belum dapat digeneralisasikan secara luas pada seluruh karakteristik peserta didik maupun kondisi sekolah yang berbeda. Oleh karena itu, efektivitas produk yang ditemukan dalam penelitian ini lebih tepat dipahami sebagai bukti empiris pada konteks penelitian yang telah dilakukan.

Selain keterbatasan penelitian, produk yang dikembangkan juga masih memiliki beberapa keterbatasan. Buku ajar yang dikembangkan berbentuk bahan ajar cetak sehingga interaktivitas pembelajaran masih bergantung pada fasilitasi guru dan aktivitas yang terdapat dalam buku. Produk belum dilengkapi dengan fitur digital, multimedia interaktif, asesmen adaptif, maupun umpan balik otomatis yang dapat menyesuaikan kebutuhan dan kecepatan belajar peserta didik. Di samping itu, implementasi produk masih terbatas pada materi bioteknologi sehingga efektivitas penerapannya pada materi IPA lainnya belum dapat dipastikan tanpa pengujian lebih lanjut.

Meskipun demikian, buku ajar yang dikembangkan memiliki peluang untuk dikembangkan lebih lanjut sejalan dengan transformasi pembelajaran abad ke-21. Integrasi buku ajar ke dalam platform digital dapat memperluas aksesibilitas serta memungkinkan pemanfaatan video, simulasi, animasi, dan aktivitas interaktif yang mendukung pemahaman konsep-konsep bioteknologi yang bersifat abstrak. Selain itu, pengembangan fitur pembelajaran adaptif berbasis teknologi dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih personal melalui penyajian materi, latihan, dan umpan balik yang disesuaikan dengan kemampuan peserta didik. Pengembangan tersebut berpotensi meningkatkan efektivitas pembelajaran sekaligus memperkuat implementasi pembelajaran mendalam dalam ekosistem pembelajaran digital.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengimplementasikan dan menguji produk pada cakupan sekolah dan karakteristik peserta

didik yang lebih beragam, mengembangkan versi digital dan adaptif dari buku ajar, serta mengkaji pengaruhnya tidak hanya terhadap kemampuan berpikir kritis, tetapi juga terhadap keterampilan abad ke-21 lainnya, seperti kreativitas, komunikasi ilmiah, kolaborasi, pemecahan masalah, dan literasi sains peserta didik.

PERNYATAAN PENULIS

Pendanaan

Penelitian ini tidak dibiayai oleh lembaga apa pun.

.

Kontribusi Penulis

Penulis pertama sebagai koresponden, menentukan judul, mengumpulkan data, dan memformat hasil penelitian dalam bentuk naskah jurnal. Penulis kedua dan ketiga sebagai pembimbing. Keduanya memastikan penulisan artikel jurnal memenuhi syarat-syarat ilmiah.

Konflik Kepentingan

Penulis melaporkan tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian ini.

Ketersediaan Data

Data penelitian ini tersedia secara lengkap dan dapat diakses melalui penulis korespondensi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas arahan, bimbingan, dan masukan yang diberikan selama proses penelitian dan penyusunan jurnal ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada SMP Negeri 3 Tanjungmorawa atas izin, dukungan, dan kerja sama yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Dukungan dari berbagai pihak tersebut sangat membantu dalam kelancaran dan penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

Ariani, D., W. Isnaeni, A. Rusilowati, dan S. Sukaesih. 2025. "Systematic Literature Review: Tren Penelitian Literasi Sains Siswa SMA Berorientasi PISA di Indonesia Periode 2016–2025." *Jurnal Pendidikan MIPA* 15: 1771–1782.

Avivi, A. A., A. D. Pramadhitta, F. F. Rahayu, M. Saptariana, dan A. U. Salamah. 2023. "Implementasi Pembelajaran Berdiferensiasi dengan Model Project Based Learning pada Peserta Didik Sekolah Menengah Atas Kelas X pada Materi Bioteknologi." *Jurnal Pendidikan Sejarah dan Riset Sosial Humaniora* 3 (3): 251–258.

Azzahra, N., R. Yogica, dan R. Fitri. 2024. "Menggali Potensi Model Inkuiri Terbimbing dalam Membentuk Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Pembelajaran Biologi." *Papanda Journal of Mathematics and Sciences Research (PJMSR)* 3: 81–89.

Eryanto, D., dan H. Prasetyono. 2025. "Efektivitas Pembelajaran Mendalam dalam Implementasi Kurikulum Merdeka di SD Negeri Cikampek Selatan I." *Jurnal Evaluasi Pendidikan* 16 (2): 88–94.

Fahmi, H. Fajeriadi, Y. Irhasyuarna, Y. E. Yulianti, dan Herman. 2024. "Perangkat Pembelajaran IPA Kontekstual Berbasis Keunggulan Lokal Lahan Basah dan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Pendidikan IPA." *Journal of Banua Science Education* 5 (2): 86–94.

Fatmah, H. 2021. "Kreativitas Peserta Didik dalam Pembelajaran Bioteknologi dengan PjBL Berbasis STEAM." *Pedagonal: Jurnal Ilmiah Pendidikan* 5 (1): 7–14.

Hadianty, H., C. Rochman, dan R. Rahmawati. 2025. "Evaluasi Hasil Belajar Siswa pada Materi Bioteknologi dalam Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains." *Biodik: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi* 11 (1): 180–188.

Ismawan, H., Hamdiana, D. Cahyono, M. Rifai, Paryadi, dan A. Junaidi. 2024. "Analisis Kebutuhan Pengembangan Bahan Ajar Atletik Berbasis Problem-Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa." *Jurnal Edu Research Indonesian Institute for Corporate Learning and Studies (IICLS)* 5 (2): 237–244.

Jannah, R. 2021. "Penerapan Soal HOTS (Higher Order Thinking Skill) dalam Pembelajaran IPA." *Jurnal Ekonomi Syariah dan Hukum Islam* 4: 54–59.

Junaidi, E., I. W. Lasmawan, I. G. P. Suharta, I. W. Widiana, dan H. Wadi. 2025. "Analisis Implementasi Kurikulum Merdeka Pelajaran IPAS Kelas IV di SDIT Generasi Muslim Cendikia." *Reflection Journal* 5 (1): 539–550.

Kurdi, M., dan Q. A. Sufyan. 2025. "Peran Deep Learning dalam Mendorong Pembelajaran yang Bermakna di Sekolah Dasar." *Jurnal Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah* 1 (2): 76–86.

Maghfira, E. S., H. Novia, dan Amsor. 2026. "Profil Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA pada Materi Usaha dan Energi: Analisis Berdasarkan Indikator Facione." *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, dan Geofisika* 7 (2): 1672–1676.

Mailani, E., N. A. Setiawati, E. Surya, dan D. Armanto. 2022. "Implementasi Realistic Mathematics Education dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi (HOTS) pada Siswa Sekolah Dasar." *Jurnal Basicedu* 6 (4): 6813–6821.

Maulidya, D., D. Nur, A. Eka, N. A. Umamy, dan M. Syukri. 2025. "Analisis Literatur Peran Deep Learning dalam Mendorong Pembelajaran Bermakna di Sekolah Dasar." *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan* 4 (2): 9072–9084.

Mea, F. 2024. "Peningkatan Efektivitas Pembelajaran Melalui Kreativitas dan Inovasi Guru dalam Menciptakan Kelas yang Dinamis." *Inculco Journal of Christian Education* 4 (3): 252–275.

Panjaitan, C., dan E. Situmorang. 2026. "Navigasi Kecakapan Abad 21: Akselerasi Kemampuan Berpikir Kritis Berbasis Proyek di SMP Negeri 1 Dolok Batu Nanggar." *Young Journal of Social Sciences and Humanities* 2 (1): 43–52.

Pratiwi, N. K. R. 2022. "Pengembangan Bahan Ajar IPA Berbasis Multirepresentasi terhadap Pemahaman Konsep Siswa SMP: Sebuah Tinjauan Studi." *Jurnal Pendidikan MIPA* 12 (2): 359–366.

Rendi, Marni, T. Neonane, dan M. Lawalata. 2024. "Peran Logika dalam Berpikir Kritis untuk Membangun Kemampuan Memahami dan Menginterpretasi Informasi." *Sinar Kasih: Jurnal Pendidikan Agama dan Filsafat* 2 (2): 82–98.

Rusmaini, A. Holisoh, dan B. Sholeh. 2025. "Sosialisasi Penyusunan Bahan Ajar sebagai Upaya Peningkatan Kompetensi Guru dalam Pembelajaran." *Penamas: Journal of Community Service* 5 (2): 343–353.

Sabrina, N. A., L. R. Maharaja, M. M. Nainggolan, dan M. L. Gaol. 2023. "Pengaruh Pengembangan Media Ajar Visual terhadap Siswa Sekolah Dasar dalam Memahami Konsep Matematika Secara Visual." *PPM: Jurnal Pendidikan Matematika* 1 (1): 1–11.

Sartika, N. 2025. "Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa dalam Pembelajaran Matematika Berbasis Project-Based Learning di Era Kurikulum Merdeka." *Edu Society: Jurnal Pendidikan, Ilmu Sosial, dan Pengabdian kepada Masyarakat* 5 (1): 996–1003.

Septia, G., dan Jasiah. 2025. "Pengembangan Media dan Hasil Belajar Peserta Didik melalui Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning." *Arus Jurnal Pendidikan (AJP)* 5 (3): 444–453.

Syaifulloh, A. 2025. "Integrasi Prinsip Deep Learning dalam Implementasi Kurikulum Merdeka: Analisis Tantangan dan Strategi Inovatif di Pendidikan Indonesia." *Pedagogia: Jurnal Keguruan dan Kependidikan* 2: 58–72.

Wahyuningsih, B. Y., dan V. R. Hidayati. 2025. "Analisis Pemahaman Mahasiswa Calon Guru Sekolah Dasar terhadap Teori Belajar dan Standar Proses NCTM dalam Konteks Pembelajaran Matematika." *Cartesius: Jurnal Pendidikan Matematika* 8 (1): 24–36.

Yun, F., A. Ginting, dan E. Sulasmi. 2026. "Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) dalam Kurikulum Merdeka: Tinjauan Konseptual Penguatan Keterampilan Abad Ke-21." *Jurnal Ilmiah Aquinas* 1: 53–59.