

VALIDITAS MODUL AJAR PBL TERINTEGRASI DIGITAL UNTUK PEMECAHAN MASALAH SISWA SMP

Oleh :

Jenifer Ahmad¹, Ulfiana Djunaid², Suleman³, Moh.Zainal Abd. Malik⁴, Nolmi Karim⁵, Fidya Patila⁶

^{1,2,3,4,5,6} Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Gorontalo

¹email: Jeniahmad693@gmail.com

²email: Ulfianadjunaid@umgo.ac.id

³email: Suleman@umgo.ac.id

⁴email: z41883259@gmail.com

⁵email: nolmikarim23@gmail.com

⁶email: Fidyapatila938@gmail.com

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :

Submit, 7 April 2026

Revisi, 29 Mei 2026

Diterima, 30 Mei 2026

Publish, 31 Mei 2026

Kata Kunci :

Modul Ajar,
Problem-Based Learning,
Validitas,
Media Digital,
Pemecahan Masalah.



ABSTRAK

Kemampuan pemecahan masalah merupakan kompetensi penting dalam pembelajaran IPA, tetapi perangkat pembelajaran belum selalu memfasilitasi siswa untuk mengidentifikasi masalah, melakukan penyelidikan, merumuskan solusi, dan mengevaluasi hasil secara sistematis. Penelitian ini bertujuan menganalisis validitas modul ajar berbasis Problem-Based Learning (PBL) terintegrasi digital untuk mendukung kemampuan pemecahan masalah siswa kelas VIII SMP. Penelitian menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model ADDIE yang dibatasi pada tahap Analysis, Design, dan Development. Validasi dilakukan oleh dua validator, yaitu ahli materi IPA dan ahli media pembelajaran digital, menggunakan lembar validasi skala Likert 1-5. Data dianalisis dengan persentase skor terhadap skor maksimum. Hasil menunjukkan validitas ahli materi sebesar 90,59%, ahli media 88,75%, dan validitas gabungan 89,70% dengan kategori sangat valid. Kesesuaian dengan Capaian Pembelajaran memperoleh 95,00%, sintaks PBL 92,00%, kelayakan bahasa 87,50%, desain tampilan dan tipografi 90,00%, serta integrasi media digital 87,50%. Dengan demikian, modul ajar dinyatakan sangat valid dan layak secara teoritis untuk dilanjutkan ke uji praktikalitas dan efektivitas.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license



Corresponding Author:

Nama: Ulfiana Djunaid

Afiliasi: Universitas Muhammadiyah Gorontalo

Email: Ulfianadjunaid@umgo.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran pada abad ke-21 menempatkan kemampuan memecahkan masalah sebagai kompetensi yang tidak terpisahkan dari literasi sains, penalaran, komunikasi, kolaborasi, dan kemampuan menggunakan teknologi secara bertanggung jawab. Dalam pembelajaran IPA, pemecahan masalah tidak cukup dipahami sebagai kemampuan memperoleh jawaban akhir. Prosesnya mencakup mengenali situasi bermasalah, memilah informasi yang relevan, menghubungkan konsep dengan bukti, merumuskan dugaan atau alternatif penjelasan, menentukan strategi penyelesaian, serta menilai kembali ketepatan

solusi. Dengan karakteristik tersebut, kemampuan pemecahan masalah perlu dilatihkan melalui pengalaman belajar yang mengaktifkan siswa, bukan hanya melalui penyampaian informasi dan latihan soal rutin. Suastika et al. (2022) menegaskan bahwa keterampilan pemecahan masalah dan berpikir kritis pada siswa sekolah menengah masih memerlukan penguatan melalui desain pembelajaran yang memberi ruang pada analisis dan pengambilan keputusan.

Kebutuhan tersebut menjadi semakin relevan jika dikaitkan dengan hasil PISA 2022. OECD (2023) melaporkan bahwa performa siswa Indonesia berada

di bawah rata-rata OECD pada matematika, membaca, dan sains. Pada matematika, hanya sekitar 18% siswa Indonesia yang mencapai sekurang-kurangnya Level 2, yaitu level ketika siswa mulai dapat mengenali bagaimana situasi sederhana direpresentasikan secara matematis tanpa instruksi langsung. Data ini tidak dapat disederhanakan sebagai ukuran tunggal kemampuan pemecahan masalah seluruh siswa, tetapi memberikan indikasi kuat bahwa pembelajaran perlu lebih konsisten membangun penalaran, pemodelan, penggunaan bukti, dan strategi penyelesaian masalah. Dengan demikian, perbaikan tidak hanya diarahkan pada hasil tes, tetapi juga pada kualitas pengalaman belajar yang memberi kesempatan kepada siswa untuk menghadapi masalah bermakna dan menyusun solusi secara bertahap.

Pada konteks pengembangan produk dalam penelitian ini, analisis kebutuhan awal di kelas VIII SMP Negeri 1 Telaga Biru menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran masih cenderung berorientasi pada penyampaian materi dan belum secara eksplisit menata aktivitas siswa mengikuti tahapan pemecahan masalah. Rencana pembelajaran atau modul yang tersedia belum secara konsisten menghubungkan tujuan pembelajaran, masalah kontekstual, aktivitas penyelidikan, diskusi, produk belajar, dan asesmen yang menilai proses berpikir. Kondisi ini sejalan dengan persoalan yang dikemukakan Pradana dan Kuswanto (2021), yaitu perlunya bahan ajar interaktif yang tidak hanya menyajikan materi, tetapi juga mengarahkan siswa pada aktivitas berpikir tingkat tinggi. Nurrita et al. (2022) juga menempatkan pengembangan perangkat dan media digital sebagai kebutuhan penting dalam perubahan ekosistem pembelajaran yang semakin memanfaatkan teknologi.

Salah satu pendekatan yang relevan untuk menjawab kebutuhan tersebut adalah Problem-Based Learning (PBL). PBL merupakan pendekatan berpusat pada peserta didik yang menggunakan masalah sebagai pemicu belajar, sehingga siswa perlu mencari informasi, mengintegrasikan pengetahuan, berdiskusi, dan mengembangkan solusi yang dapat dipertanggungjawabkan. Loyens et al. (2023) menjelaskan PBL sebagai pendekatan yang memberdayakan peserta didik untuk melakukan riset, menghubungkan teori dan praktik, serta menerapkan pengetahuan dan keterampilan untuk menghasilkan solusi terhadap masalah yang terdefinisi. Varadarajan dan Ladage (2024) menekankan bahwa PBL dapat mendukung pembentukan basis pengetahuan yang fleksibel, keterampilan pemecahan masalah, pembelajaran mandiri, kolaborasi, dan motivasi intrinsik apabila prosesnya difasilitasi secara tepat. Pada jenjang sekolah menengah, penerapan PBL perlu disertai scaffolding karena siswa tetap membutuhkan petunjuk, sumber belajar, pertanyaan penuntun, dan tahapan kerja yang jelas.

Karakteristik PBL tersebut sejalan dengan tujuan modul ajar yang dikembangkan. Modul tidak sekadar berfungsi sebagai wadah materi, melainkan sebagai rancangan pengalaman belajar yang menghubungkan Capaian Pembelajaran (CP), Tujuan Pembelajaran (TP), aktivitas pada setiap sintaks PBL, sumber belajar, asesmen, dan refleksi. Lima tahap PBL yang digunakan dalam pengembangan ini adalah orientasi siswa pada masalah, mengorganisasi siswa untuk belajar, membimbing penyelidikan individu atau kelompok, mengembangkan dan menyajikan hasil karya, serta menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah. Struktur yang eksplisit membantu guru menjaga alur pembelajaran dan membantu siswa memahami apa yang perlu dilakukan pada setiap tahap. Temuan Karim dan Kenta (2021), Fitriani et al. (2022), Nusantara dan Haryani (2021), serta Rahmi et al. (2023) mendukung penggunaan pembelajaran berbasis masalah untuk menguatkan penalaran, keterlibatan aktif, dan proses pemecahan masalah.

Pengintegrasian teknologi digital menjadi unsur kedua dalam rancangan produk. Media digital dapat memperluas fungsi modul melalui tautan sumber, visualisasi, video, QR Code, bahan pengayaan, lembar kerja interaktif, dan akses terhadap asesmen. Nilai tambah teknologi bukan terletak pada penggunaan perangkat semata, tetapi pada keterhubungan media dengan tujuan dan aktivitas belajar. Fitur digital yang tidak relevan berisiko menjadi dekoratif, sedangkan fitur yang ditempatkan pada saat siswa membutuhkan bukti, simulasi, pengayaan, atau umpan balik dapat memperkuat proses belajar. Wati et al. (2024), Widada et al. (2023), dan Saputri et al. (2025) menunjukkan pentingnya keterpaduan antara model pembelajaran, desain bahan ajar, dan media digital agar teknologi berfungsi sebagai dukungan pedagogis, bukan tujuan tersendiri.

Meskipun penelitian tentang PBL dan bahan ajar digital telah banyak dilakukan, terdapat ruang pengembangan pada keterpaduan tiga komponen: kesesuaian dengan Kurikulum Merdeka, ketepatan sintaks PBL, dan integrasi media digital dalam satu modul ajar yang diarahkan secara spesifik pada proses pemecahan masalah siswa kelas VIII SMP. Pada tahap awal R&D, produk tidak seharusnya langsung dinyatakan efektif hanya karena telah selesai dikembangkan. Kelayakan konseptual perlu diuji terlebih dahulu melalui expert judgment untuk menilai akurasi materi, koherensi pedagogis, keterbacaan, kualitas visual, dan relevansi elemen digital. Validasi ahli berfungsi sebagai mekanisme penyaringan awal sebelum produk diujicobakan kepada pengguna.

Atas dasar tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat validitas teoritis modul ajar PBL terintegrasi digital yang dirancang untuk mendukung kemampuan pemecahan masalah siswa kelas VIII SMP. Fokus penelitian dibatasi pada tahap

pengembangan dan validasi ahli. Oleh karena itu, keluaran penelitian adalah informasi mengenai kelayakan teoritis produk dan aspek yang relatif kuat atau masih perlu ditingkatkan. Klaim mengenai praktikalitas, respons pengguna, maupun efektivitas terhadap peningkatan kemampuan pemecahan masalah ditempatkan sebagai agenda tahap penelitian berikutnya setelah produk memenuhi kriteria valid.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan kerangka ADDIE. ADDIE terdiri atas Analyze, Design, Develop, Implement, dan Evaluate serta lazim digunakan sebagai kerangka sistematis dalam pengembangan pembelajaran Adiatuti et al., 2025; Ramdhani et al., 2025). Sesuai tujuan penelitian, pelaksanaan dibatasi sampai tahap Development. Pembatasan ini berarti penelitian berfokus pada analisis kebutuhan, perancangan produk, pengembangan draf, dan validasi ahli. Tahap Implementation dan Evaluation yang melibatkan penggunaan produk pada siswa belum dilaksanakan sehingga hasil penelitian tidak digunakan untuk menyimpulkan efektivitas pembelajaran.

Tahap Analysis mencakup analisis kebutuhan perangkat ajar, konteks pembelajaran kelas VIII SMP, tuntutan Kurikulum Merdeka, karakteristik kemampuan pemecahan masalah yang hendak difasilitasi, dan kebutuhan integrasi media digital. Informasi dari analisis tersebut menjadi dasar untuk menentukan komponen modul dan jenis aktivitas yang perlu muncul. Tahap Design mencakup pemetaan CP dan TP, penyusunan alur kegiatan sesuai sintaks PBL, pemilihan bentuk dukungan digital, perencanaan asesmen, serta penyusunan kisi-kisi instrumen validasi. Tahap Development mencakup penyusunan draf modul, penataan elemen visual dan digital, penilaian oleh ahli, penghitungan skor validitas, dan perbaikan produk berdasarkan hasil penilaian. Ringkasan prosedur disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan pengembangan yang dilaksanakan

Tahap	Fokus	Keluaran
Analysis	Kebutuhan, kurikulum, karakteristik pemecahan masalah, kebutuhan media digital	Spesifikasi kebutuhan dan komponen modul
Design	Pemetaan CP/TP, sintaks PBL, aktivitas, asesmen, media digital, instrumen validasi	Blueprint dan draf rancangan modul
Development	Penyusunan draf, validasi ahli, analisis skor, penyempurnaan	Modul tervalidasi secara teoritis

Subjek validasi terdiri atas dua validator, yaitu satu dosen yang berperan sebagai ahli materi IPA dan satu dosen yang berperan sebagai ahli media pembelajaran digital. Pemilihan dua kompetensi tersebut disesuaikan dengan dua dimensi utama produk: ketepatan isi dan pedagogi serta kelayakan desain dan integrasi media. Ahli materi menilai kesesuaian dengan CP, ketepatan sintaks PBL,

kelayakan bahasa dan kejelasan petunjuk, serta integrasi elemen interaktif. Ahli media menilai kelayakan bahasa dan kejelasan petunjuk, desain tampilan/layout/tipografi, serta integrasi elemen interaktif dan media digital. Karena tidak seluruh aspek dinilai oleh kedua validator, analisis tidak diperlakukan sebagai pengukuran reliabilitas antarpemilai; skor digunakan untuk menilai kelayakan produk pada domain kompetensi masing-masing ahli.

Instrumen menggunakan skala Likert 1-5. Skor hasil penilaian dibandingkan dengan skor maksimum pada setiap aspek. Analisis utama mengikuti persentase skor ideal dengan rumus $P = (\Sigma S / \Sigma S_{\max}) \times 100\%$, dengan P sebagai persentase validitas, ΣS sebagai jumlah skor yang diperoleh, dan $\Sigma S_{\max}$ sebagai jumlah skor maksimum. Penghitungan dilakukan pada setiap aspek, pada masing-masing validator, dan pada keseluruhan skor. Untuk menjaga konsistensi matematis, persentase total dihitung langsung dari akumulasi skor mentah dan skor maksimum, bukan dari rata-rata sederhana persentase yang memiliki penyebut berbeda.

Kriteria interpretasi diadaptasi dari Bannang et al. (2023) dan disederhanakan khusus untuk validitas: 81-100% = sangat valid, 61-80% = valid, 41-60% = cukup valid, dan kurang dari 41% = kurang valid.

Produk dinyatakan memenuhi kelayakan teoritis apabila mencapai minimal 61%. Kriteria tersebut merupakan dasar keputusan pada tahap validasi; kategori valid tidak identik dengan praktis atau efektif karena kedua karakteristik tersebut memerlukan data dari penggunaan produk oleh guru dan siswa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Validasi menunjukkan bahwa seluruh aspek berada pada kategori sangat valid. Sesuai rumus yang ditetapkan pada metode, persentase total dihitung secara konsisten dari akumulasi skor mentah terhadap akumulasi skor maksimum. Ahli materi memberikan total 77 dari skor maksimum 85 sehingga persentasenya 90,59%. Ahli media memberikan total 71 dari skor maksimum 80 sehingga persentasenya 88,75%. Jika seluruh skor digabungkan, diperoleh 148 dari 165 atau 89,70%. Nilai 89,70% digunakan sebagai validitas total produk.

Pada tingkat aspek, kesesuaian modul dengan CP memperoleh 19 dari 20 atau 95,00%. Sintaks PBL memperoleh 23 dari 25 atau 92,00%. Kelayakan bahasa dan kejelasan petunjuk dinilai oleh kedua ahli dengan skor gabungan 35 dari 40 atau 87,50%. Desain tampilan, layout, dan tipografi memperoleh 36 dari 40 atau 90,00%. Integrasi elemen interaktif dan media digital memperoleh skor gabungan 35 dari 40 atau 87,50%. Rincian hasil disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi hasil validasi modul ajar

Aspek penilaian	Ahli materi	Ahli media	%	Kategori
-----------------	-------------	------------	---	----------

Kesesuaian dengan Capaian Pembelajaran	19/20	-	95,00%	Sangat valid
Sintaks Problem-Based Learning	23/25	-	92,00%	Sangat valid
Kelayakan bahasa & kejelasan petunjuk	18/20	17/20	87,50%	Sangat valid
Desain tampilan, layout, & tipografi	-	36/40	90,00%	Sangat valid
Integrasi elemen interaktif & media digital	17/20	18/20	87,50%	Sangat valid
Total per validator	77/85	71/80	-	-
Total gabungan	148/165		89,70%	Sangat valid

Perbedaan antara persentase per aspek dan persentase total perlu dipahami dengan benar. Jika lima persentase aspek dirata-ratakan tanpa pembobotan, hasilnya 90,40%. Akan tetapi, setiap aspek memiliki skor maksimum yang tidak sama dan beberapa aspek dinilai oleh dua validator. Karena rumus penelitian menggunakan jumlah skor terhadap jumlah skor maksimum, persentase total yang paling konsisten adalah $148/165 \times 100\% = 89,70\%$. Penggunaan cara ini menghindari pemberian bobot yang sama pada aspek yang memiliki jumlah butir atau skor maksimum berbeda.

Secara deskriptif, aspek dengan nilai tertinggi adalah kesesuaian dengan CP (95,00%), disusul sintaks PBL (92,00%) dan desain tampilan/layout/tipografi (90,00%). Dua aspek dengan persentase relatif paling rendah adalah kelayakan bahasa dan kejelasan petunjuk serta integrasi elemen interaktif dan media digital, masing-masing 87,50%. Kedua nilai tersebut tetap termasuk sangat valid, tetapi secara pengembangan produk dapat diperlakukan sebagai area prioritas untuk penyempurnaan sebelum uji lapangan. Interpretasi ini berasal dari pola skor, bukan dari klaim adanya kekurangan tertentu yang tidak tercatat pada data validator.

Pembahasan

Hasil total 89,70% menunjukkan bahwa modul ajar telah memenuhi kelayakan teoritis berdasarkan penilaian ahli. Pada penelitian pengembangan, validitas ahli merupakan bukti awal bahwa komponen produk telah disusun secara masuk akal, relevan dengan tujuan pembelajaran, dan cukup tepat untuk memasuki tahap uji pengguna. Temuan ini sejalan dengan prinsip ADDIE yang menempatkan pengembangan dan evaluasi formatif sebagai bagian penting sebelum implementasi lebih luas (Adiastuti et al., 2025; Ramdhani et al., 2025). Hasil juga sejalan dengan penelitian pengembangan perangkat pembelajaran yang menunjukkan bahwa proses analisis kebutuhan, desain yang terstruktur, dan validasi ahli dapat digunakan untuk memastikan kualitas awal produk (Pradana & Kuswanto, 2021; Melyastiti et al., 2023). Walaupun demikian, istilah

“sangat valid” perlu diposisikan secara proporsional: kategori tersebut tidak serta-merta berarti produk telah terbukti meningkatkan hasil belajar.

Kesesuaian dengan CP memperoleh persentase tertinggi, yaitu 95,00%. Nilai ini menunjukkan bahwa struktur modul dinilai sangat sesuai dengan arah kompetensi yang hendak dicapai. Keselarasan kurikulum penting karena masalah, aktivitas, media, dan asesmen harus mengarah pada kompetensi yang sama. Jika masalah kontekstual menarik tetapi tidak terkait dengan tujuan pembelajaran, PBL dapat berubah menjadi aktivitas yang ramai namun kurang fokus. Sebaliknya, keterkaitan CP dan TP dengan aktivitas penyelidikan membuat proses pemecahan masalah memiliki orientasi yang jelas. Dalam modul ini, aktivitas diarahkan pada tahapan mengidentifikasi masalah, menggunakan informasi, menyusun alternatif solusi, serta mengevaluasi hasil. Arah tersebut sesuai dengan karakter pembelajaran berbasis masalah yang menempatkan masalah sebagai pengorganisasi proses belajar (Loyens et al. (2023).

Validitas sintaks PBL sebesar 92,00% menjadi temuan penting karena kekuatan sebuah modul berbasis model pembelajaran terletak pada konsistensi penerapan sintaksnya. Lima tahap PBL tidak cukup hanya dicantumkan sebagai label; setiap tahap perlu diwujudkan dalam tindakan guru, aktivitas siswa, sumber yang digunakan, dan hasil antara yang diharapkan. Pada tahap orientasi, masalah harus cukup autentik dan dapat dipahami siswa. Pada tahap pengorganisasian, tugas serta mekanisme kerja kelompok perlu jelas. Pada tahap penyelidikan, siswa memerlukan akses pada informasi dan pertanyaan penuntun. Pada tahap penyajian hasil, siswa perlu memiliki ruang untuk mengomunikasikan solusi. Pada tahap evaluasi, siswa perlu menilai proses dan kualitas solusi berdasarkan bukti. Varadarajan dan Ladage (2024) menekankan bahwa PBL yang efektif membutuhkan fasilitasi dan scaffolding; karena itu, modul berfungsi penting sebagai perangkat yang membuat dukungan tersebut lebih eksplisit.

Kesesuaian sintaks juga berkaitan langsung dengan pemecahan masalah. Orientasi terhadap masalah memicu proses memahami situasi dan menetapkan apa yang diketahui serta perlu diketahui. Pengorganisasian belajar membantu siswa memecah masalah menjadi tugas yang dapat dikelola. Penyelidikan mengarahkan pencarian data dan penggunaan konsep. Penyajian hasil menuntut siswa menjelaskan alasan dan bukti yang mendasari solusi. Evaluasi mendorong refleksi atas ketepatan strategi. Rangkaian tersebut menunjukkan bahwa PBL tidak hanya menyediakan “masalah” di awal pembelajaran, tetapi membentuk jalur proses berpikir yang terstruktur. Temuan penelitian sebelumnya juga menunjukkan hubungan positif antara PBL, penalaran analitis, dan kemampuan memecahkan masalah ketika tahapan pembelajaran dijalankan

secara konsisten (Nusantari & Haryani, 2021; Fitriani et al., 2022; Rahmi et al., 2023).

Aspek desain tampilan, layout, dan tipografi mencapai 90,00%. Kualitas visual berfungsi sebagai bagian dari usability bahan ajar. Tata letak yang konsisten membantu siswa mengenali hierarki informasi; tipografi yang terbaca mengurangi beban yang tidak berkaitan dengan isi; dan penggunaan penanda visual membantu membedakan tujuan, petunjuk, masalah, sumber, aktivitas, serta asesmen. Pada modul digital, konsistensi visual juga berkaitan dengan navigasi. Desain yang terlalu padat, penggunaan terlalu banyak jenis huruf, warna yang berlebihan, atau penempatan tautan yang tidak konsisten dapat mengganggu fokus siswa. Karena nilai aspek desain sudah sangat valid, produk memiliki dasar visual yang baik, tetapi pemantapan tetap perlu dilakukan dengan melihat pengalaman pengguna pada perangkat yang berbeda ketika uji lapangan dilaksanakan.

Kelayakan bahasa dan kejelasan petunjuk memperoleh 87,50%. Nilai ini tetap tinggi, tetapi relatif lebih rendah dibanding kesesuaian CP dan sintaks PBL. Bahasa dalam modul ajar berfungsi tidak hanya sebagai media penyampaian materi, melainkan juga sebagai mekanisme pengarah aktivitas. Instruksi yang terlalu umum dapat membuat siswa tidak memahami apa yang harus dicari, didiskusikan, atau diserahkan. Sebaliknya, instruksi yang terlalu panjang dapat meningkatkan beban baca. Karena itu, perbaikan lanjutan dapat memprioritaskan kalimat instruksional yang singkat, konsisten, menggunakan verba operasional, dan secara eksplisit menyebut produk atau keluaran belajar yang diminta. Penggunaan istilah ilmiah juga perlu konsisten serta disesuaikan dengan kemampuan bahasa siswa kelas VIII.

Integrasi elemen interaktif dan media digital juga memperoleh 87,50%. Skor ini menunjukkan bahwa fungsi digital dinilai layak, namun masih merupakan aspek yang paling membutuhkan perhatian bersama aspek kebahasaan. Integrasi digital sebaiknya mengikuti prinsip “fungsi mendahului fitur”. QR Code, hyperlink, video, simulasi, atau kuis hanya relevan jika mendukung tahapan PBL tertentu. Sebagai contoh, tautan video dapat digunakan untuk memperjelas konteks masalah, simulasi dapat membantu siswa menguji dugaan, sumber daring dapat memperkaya penyelidikan, dan kuis formatif dapat memberikan umpan balik sebelum siswa menyusun solusi akhir. Jika fungsi setiap media dijelaskan dengan jelas, siswa lebih mudah menghubungkan aktivitas digital dengan tujuan pemecahan masalah. Widada et al. (2023), Wati et al. (2024), dan Saputri et al. (2025) menekankan pentingnya desain bahan ajar digital yang interaktif dan terintegrasi dengan aktivitas pembelajaran.

Penggunaan media digital juga perlu mempertimbangkan aksesibilitas dan keberlanjutan. Modul sebaiknya tetap menyediakan informasi inti

yang dapat digunakan ketika koneksi internet terbatas, sementara komponen daring berfungsi sebagai pengayaan atau sarana interaktif. Tautan perlu diuji secara berkala agar tidak rusak, QR Code harus cukup besar dan kontras untuk dipindai, video perlu memiliki durasi wajar, dan alternatif teks atau ringkasan diperlukan untuk materi visual atau audio. Pertimbangan ini belum dapat dinilai hanya dari skor validasi ahli; data penggunaan nyata oleh siswa akan menunjukkan apakah fitur digital mudah diakses, mudah dipahami, dan benar-benar membantu penyelidikan.

Dari perspektif pengembangan pembelajaran, nilai total 89,70% menunjukkan koherensi yang relatif baik antara substansi, model PBL, bahasa, desain, dan media digital. Koherensi antarkomponen lebih penting daripada skor tinggi pada satu aspek secara terpisah. Modul yang akurat secara materi tetapi tidak memiliki petunjuk yang jelas akan sulit digunakan. Modul yang menarik secara visual tetapi sintaks PBL-nya tidak utuh juga tidak akan mencapai tujuan pedagogis. Demikian pula, fitur digital yang canggih tidak cukup jika tidak terhubung dengan CP dan asesmen. Dengan demikian, kualitas produk terletak pada keterhubungan antarbagian: tujuan menentukan masalah dan aktivitas; sintaks menentukan urutan pengalaman belajar; bahasa dan desain membantu siswa mengikuti alur; media digital mendukung akses, eksplorasi, dan umpan balik; asesmen menilai ketercapaian proses dan hasil.

Pada konteks kemampuan pemecahan masalah, validitas teoritis modul memberikan dasar untuk menguji hipotesis pengembangan pada tahap berikutnya. Produk dirancang agar siswa tidak menerima seluruh informasi secara langsung, melainkan mengidentifikasi apa yang diperlukan, mencari bukti, berdiskusi, dan mengevaluasi solusi. Secara teoritis, struktur ini sesuai dengan tujuan PBL sebagaimana dikemukakan Varadarajan dan Ladage (2024) dan Loyens et al. (2023). Akan tetapi, peningkatan kemampuan pemecahan masalah merupakan outcome empiris yang hanya dapat dibuktikan melalui data sebelum dan sesudah pembelajaran, desain pembandingan yang memadai, atau setidaknya analisis perkembangan kinerja siswa selama implementasi. Oleh karena itu, klaim penelitian dibatasi pada kelayakan teoritis dan tidak menyatakan bahwa produk telah terbukti meningkatkan kemampuan pemecahan masalah.

Tahap penelitian berikutnya sebaiknya dimulai dengan uji keterbacaan dan uji kelompok kecil. Uji keterbacaan dapat memeriksa apakah siswa memahami istilah, petunjuk, navigasi, dan masalah yang disajikan. Uji kelompok kecil dapat mengidentifikasi bagian modul yang memerlukan waktu terlalu lama, tautan yang bermasalah, instruksi yang menimbulkan tafsir ganda, atau aktivitas yang sulit dilakukan dalam kondisi kelas nyata. Setelah revisi, praktikalitas dapat dinilai melalui keterlaksanaan, respons guru, respons siswa, dan

kemudahan penggunaan. Efektivitas kemudian dapat diuji menggunakan indikator kemampuan pemecahan masalah yang jelas dan instrumen yang memiliki bukti validitas serta reliabilitas.

Ada beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, jumlah validator hanya dua orang dan masing-masing mewakili domain keahlian berbeda. Hal ini memadai sebagai pemeriksaan awal, tetapi bukti validitas akan lebih kuat jika melibatkan lebih banyak pakar atau menggunakan panel dengan tumpang tindih penilaian yang memungkinkan analisis kesepakatan antarvalidator. Kedua, penelitian belum melaporkan uji validitas isi instrumen validasi itu sendiri secara terpisah. Ketiga, belum ada data dari siswa dan guru sebagai pengguna langsung. Keempat, karakteristik teknis perangkat digital, variasi kualitas jaringan, dan perbedaan jenis gawai belum diuji dalam situasi nyata. Keterbatasan tersebut tidak membatalkan hasil validasi, tetapi menetapkan batas klaim yang dapat diberikan.

Keterbatasan lain berkaitan dengan penggunaan persentase sebagai ukuran utama. Persentase mudah dipahami dan sesuai dengan prosedur yang digunakan, tetapi tidak memberikan informasi tentang tingkat kesepakatan antarpemilai, sebaran skor per butir, atau sensitivitas instrumen terhadap perbedaan kualitas produk. Pada penelitian lanjutan, analisis dapat diperkuat dengan indeks validitas isi pada tingkat butir, koefisien kesepakatan, serta pelaporan komentar kualitatif validator secara sistematis. Pelaporan semacam itu akan menunjukkan bukan hanya “berapa tinggi” validitas produk, tetapi juga alasan substantif mengapa suatu komponen dinilai kuat dan bagian mana yang mengalami revisi.

Secara keseluruhan, temuan penelitian mendukung kelayakan modul sebagai prototipe pembelajaran yang siap memasuki pengujian berbasis pengguna. Kontribusi utamanya bukan pembuktian efektivitas, melainkan penyediaan rancangan yang telah melewati pemeriksaan ahli dan memiliki keterpaduan antara kurikulum, PBL, pemecahan masalah, serta dukungan digital. Posisi ini penting secara metodologis karena penelitian pengembangan yang baik membangun bukti secara bertahap: validitas terlebih dahulu, kemudian praktikalitas, dan setelah itu efektivitas. Dengan tahapan tersebut, keputusan penerapan produk dapat didasarkan pada bukti yang sesuai dengan jenis klaim yang dibuat.

Keselarasan antara modul dan Kurikulum Merdeka perlu dilihat bukan hanya dari pencantuman CP dan TP, tetapi dari hubungan antara tujuan, aktivitas, asesmen, dan pengalaman belajar siswa. Permendikbudristek Nomor 16 Tahun 2022 menekankan proses pembelajaran yang interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberi ruang bagi prakarsa dan kemandirian. PBL dapat mendukung karakter tersebut ketika masalah yang digunakan cukup dekat dengan pengalaman siswa dan menuntut penggunaan konsep untuk

menjelaskan atau menyelesaikan situasi. Karena itu, pengembangan modul sebaiknya mempertahankan keterhubungan antarkomponen secara eksplisit: setiap masalah dikaitkan dengan TP, setiap aktivitas penyelidikan menghasilkan bukti yang diperlukan, dan asesmen mengukur proses berpikir yang sama dengan yang dilatihkan. Pola alignment ini juga membantu guru menghindari ketidaksesuaian antara kegiatan yang kompleks dan asesmen yang hanya menanyakan ingatan fakta.

Asesmen merupakan bagian yang menentukan apakah tujuan pemecahan masalah benar-benar tercermin dalam implementasi. Pada tahap validasi, penelitian ini menilai kelayakan rancangan secara umum, tetapi pada uji berikutnya indikator pemecahan masalah perlu diterjemahkan ke dalam rubrik yang operasional. Rubrik dapat mencakup kemampuan memahami masalah, mengidentifikasi informasi relevan, merumuskan strategi, menggunakan konsep atau bukti, menyajikan solusi, serta mengevaluasi ketepatan solusi. Penilaian seperti ini lebih informatif daripada hanya memberi skor pada jawaban akhir karena dapat menunjukkan tahap mana yang telah dikuasai atau masih memerlukan scaffolding. Data rubrik juga dapat digunakan untuk memberikan umpan balik formatif selama proses PBL, sehingga asesmen tidak hanya menjadi kegiatan akhir. Jika modul digital memuat lembar kerja atau kuis, hasilnya perlu dihubungkan dengan indikator tersebut agar teknologi memperkuat asesmen, bukan menambah aktivitas tanpa fungsi yang jelas.

Pemilihan media digital sebaiknya didasarkan pada kebutuhan kognitif di setiap fase PBL. Pada fase orientasi, media visual atau video dapat membantu menghadirkan konteks masalah yang sulit dibawa langsung ke kelas. Pada fase penyelidikan, simulasi, grafik interaktif, sumber data, atau tautan bacaan dapat memperkaya bukti yang dianalisis. Pada fase pengembangan solusi, perangkat kolaboratif dapat digunakan untuk menyusun argumen dan membandingkan alternatif. Pada fase evaluasi, kuis atau refleksi digital dapat membantu siswa menilai kembali pemahaman. Dengan pemetaan fungsi seperti itu, keberadaan QR Code atau hyperlink tidak berdiri sendiri, tetapi menjadi bagian dari skenario pedagogis. Prinsip ini penting karena media yang terlalu banyak dapat meningkatkan distraksi dan beban navigasi. Skor 87,50% pada integrasi digital memberi dasar yang baik, sekaligus menunjukkan perlunya uji pengalaman pengguna untuk memastikan bahwa fitur yang disediakan benar-benar membantu proses belajar.

Peran guru tetap penting walaupun modul dirancang untuk mendorong kemandirian siswa. PBL bukan pembelajaran tanpa arahan; guru berperan mengatur tempo, memastikan masalah dipahami, mengajukan pertanyaan penuntun, memonitor kerja kelompok, mengidentifikasi miskonsepsi, dan membantu siswa mengevaluasi solusi. Modul yang

baik perlu memberi dukungan bagi kedua pihak: instruksi yang cukup jelas bagi siswa dan petunjuk fasilitasi yang memadai bagi guru. Ketika uji praktikalitas dilakukan, peneliti dapat mengamati apakah guru mudah memahami alur modul, apakah waktu pada setiap tahap realistis, bagian mana yang memerlukan penjelasan tambahan, dan apakah aktivitas digital mudah dikelola dalam kelas. Informasi tersebut akan melengkapi validasi ahli karena penggunaan nyata sering memperlihatkan persoalan yang tidak muncul saat penilaian dokumen, seperti keterbatasan waktu, pengelolaan kelompok, atau variasi kemampuan awal siswa.

Scaffolding perlu memperoleh perhatian khusus pada siswa kelas VIII karena masalah yang terbuka dapat menuntut banyak proses kognitif sekaligus. Bantuan tidak harus berupa pemberian jawaban; bantuan dapat berbentuk pertanyaan penuntun, tabel apa yang diketahui dan perlu diketahui, contoh cara membaca data, daftar sumber tepercaya, petunjuk pembagian peran, atau kriteria solusi yang baik. Scaffolding kemudian dapat dikurangi ketika siswa menunjukkan kemandirian. Varadarajan dan Ladage (2024) menjelaskan pentingnya fasilitasi dalam PBL agar siswa dapat mengembangkan pengetahuan dan strategi pemecahan masalah secara produktif. Dalam modul digital, scaffolding dapat dibuat adaptif melalui tautan bantuan atau petunjuk tambahan yang dibuka ketika diperlukan. Uji lapangan perlu memeriksa apakah bantuan yang tersedia terlalu sedikit, terlalu banyak, atau tepat waktu, karena keseimbangan tersebut berpengaruh pada kualitas penyelidikan siswa.

Desain modul juga perlu mempertimbangkan keberagaman kemampuan membaca, pengetahuan awal, akses teknologi, dan preferensi belajar. Diferensiasi dapat dilakukan tanpa mengubah tujuan utama, misalnya dengan menyediakan sumber bacaan pada tingkat kompleksitas berbeda, alternatif bentuk penyajian informasi, pilihan produk akhir, atau bantuan tambahan bagi siswa yang memerlukan. Pada aspek digital, materi penting sebaiknya tidak hanya tersedia melalui satu format atau satu tautan daring. Ringkasan teks, gambar berlabel, atau versi cetak dapat menjadi alternatif ketika akses internet terbatas. Pertimbangan ini mendukung prinsip akses yang lebih adil dan dapat meningkatkan kemungkinan modul digunakan pada konteks sekolah yang beragam. Validasi ahli media memberi indikasi awal bahwa desain layak, tetapi hanya interaksi dengan pengguna yang dapat menunjukkan apakah navigasi, ukuran teks, kontras, dan bentuk sumber benar-benar dapat diakses oleh semua siswa sasaran.

Bukti validitas dalam penelitian pengembangan perlu dipahami sebagai akumulasi, bukan satu keputusan tunggal. Expert judgment memberikan bukti tentang relevansi dan kelayakan isi, tetapi belum memberikan bukti tentang proses respons pengguna, hubungan skor dengan outcome,

atau konsekuensi penggunaan produk. Oleh karena itu, skor sangat valid sebaiknya dipandang sebagai pintu untuk pengumpulan bukti berikutnya. Pada uji keterbacaan, bukti diperoleh dari pemahaman siswa terhadap bahasa dan petunjuk. Pada uji praktikalitas, bukti diperoleh dari keterlaksanaan dan kemudahan penggunaan. Pada uji efektivitas, bukti diperoleh dari perubahan kemampuan pemecahan masalah. Rangkaian bukti ini membuat kesimpulan penelitian lebih kuat dan mencegah generalisasi berlebihan. Dalam konteks artikel ini, koreksi aritmetika menjadi bagian penting dari ketelitian karena keputusan kategori harus konsisten dengan rumus yang dinyatakan pada metode.

Untuk menguji efektivitas pada tahap berikutnya, desain penelitian dapat disesuaikan dengan kondisi sekolah. Jika memungkinkan, peneliti dapat menggunakan kelompok eksperimen dan pembandingan dengan pengukuran awal serta akhir. Jika kondisi tidak memungkinkan, desain satu kelompok dengan pengukuran berulang tetap dapat memberikan informasi perkembangan, tetapi interpretasinya harus lebih hati-hati. Selain skor total, analisis per indikator pemecahan masalah akan memperlihatkan perubahan yang lebih diagnostik. Data kuantitatif sebaiknya dilengkapi dengan observasi proses diskusi, kualitas solusi, dan wawancara singkat untuk menjelaskan bagaimana fitur modul memengaruhi proses belajar. Pendekatan semacam ini akan memperluas hasil dari sekadar “apakah terjadi peningkatan” menjadi “bagian apa yang meningkat dan melalui mekanisme pembelajaran yang mana”.

Implementasi media digital juga perlu memperhatikan aspek etika dan keamanan. Tautan yang digunakan dalam modul sebaiknya berasal dari sumber yang dapat dipertanggungjawabkan dan tidak mengarahkan siswa pada konten yang tidak relevan. Jika asesmen atau aktivitas menggunakan layanan daring yang meminta akun atau menyimpan data, guru dan peneliti perlu mempertimbangkan prinsip minimisasi data dan kesesuaian dengan kebijakan sekolah. Produk sebaiknya menghindari pengumpulan informasi pribadi yang tidak diperlukan untuk pembelajaran. Hal ini penting karena kualitas media digital tidak hanya ditentukan oleh tampilan dan interaktivitas, tetapi juga oleh keamanan, stabilitas, dan kejelasan penggunaannya. Uji praktikalitas dapat memasukkan butir mengenai kemudahan akses, keamanan, dan kenyamanan penggunaan agar keputusan implementasi didasarkan pada pengalaman nyata guru serta siswa.

Terakhir, modul digital perlu dipandang sebagai produk yang membutuhkan pemeliharaan. Perubahan tautan, pembaruan platform, perubahan kebijakan kurikulum, dan perkembangan sumber belajar dapat membuat bagian tertentu menjadi usang. Oleh sebab itu, produk sebaiknya memiliki mekanisme revisi berkala dan daftar komponen digital yang mudah diperbarui tanpa harus merombak

keseluruhan modul. Guru juga perlu diberi ruang untuk mengganti sumber atau konteks masalah sesuai kondisi lokal selama tetap mempertahankan CP, tujuan, dan sintaks PBL. Fleksibilitas yang terkontrol akan membuat modul lebih berkelanjutan dan tidak bergantung pada satu platform. Perspektif ini memperkuat makna validitas sebagai kondisi awal yang perlu dijaga melalui pembaruan, bukan status permanen yang sekali diperoleh lalu tidak berubah.

Dari sisi konstruksi modul, hasil validasi dapat diterjemahkan menjadi prinsip desain yang lebih operasional. Setiap unit pembelajaran sebaiknya diawali dengan masalah yang jelas, kontekstual, dan cukup terbuka untuk menghasilkan lebih dari satu jalur penyelesaian. Setelah itu, modul perlu memandu siswa membedakan informasi yang telah tersedia dan informasi yang masih harus dicari. Sumber digital ditempatkan setelah kebutuhan informasi muncul, bukan sebelum siswa memahami masalah. Urutan ini membantu mempertahankan sifat inquiry dalam PBL. Pada bagian akhir, siswa perlu diminta membandingkan solusi dengan kriteria yang telah ditetapkan dan menjelaskan alasan pilihannya. Pola tersebut membuat proses pemecahan masalah terlihat dalam struktur modul dan memudahkan guru melakukan asesmen formatif pada setiap tahap, bukan hanya menilai produk akhir.

Kualitas masalah yang digunakan juga menentukan kedalaman pembelajaran. Masalah yang terlalu sederhana dapat selesai hanya dengan mengingat rumus atau fakta, sedangkan masalah yang terlalu kompleks dapat membuat siswa lebih banyak mengalami kebingungan daripada belajar. Karena itu, pada uji kelompok kecil peneliti perlu mengamati tingkat keterjangkauan masalah: apakah siswa dapat memahami konteks, apakah informasi awal cukup, apakah mereka terdorong mengajukan pertanyaan, dan apakah konsep IPA benar-benar dibutuhkan untuk menghasilkan solusi. Masalah yang baik juga memberi ruang bagi penggunaan data dan argumentasi sehingga siswa tidak hanya menyatakan pendapat. Umpan balik dari tahap ini dapat digunakan untuk menyesuaikan tingkat kompleksitas tanpa mengubah CP atau tujuan utama modul.

Aspek kolaborasi perlu dirancang secara eksplisit karena PBL pada umumnya menggunakan kerja kelompok. Pembagian peran seperti pencatat, pencari informasi, penguji bukti, atau penyaji dapat membantu pemerataan partisipasi, terutama pada siswa yang belum terbiasa berdiskusi. Namun, pembagian peran tidak boleh membuat tanggung jawab berpikir menjadi terpisah sepenuhnya; setiap siswa tetap perlu memahami masalah dan alasan di balik solusi kelompok. Modul dapat memuat pertanyaan refleksi individu setelah diskusi untuk memastikan akuntabilitas personal. Pada uji implementasi, pengamatan terhadap pola interaksi kelompok akan memberikan data apakah struktur modul mendukung kolaborasi produktif atau justru menimbulkan dominasi beberapa siswa. Informasi ini

tidak dapat diperoleh dari validasi dokumen sehingga menjadi bagian penting dari pengembangan berikutnya.

Dengan demikian, pengembangan produk setelah tahap validasi tidak seharusnya hanya berorientasi pada mempercantik tampilan atau menambah fitur digital. Revisi perlu memprioritaskan keselarasan pedagogis: kualitas masalah, kejelasan scaffolding, hubungan sumber digital dengan penyelidikan, kebermaknaan asesmen, serta kelancaran penggunaan oleh guru dan siswa. Skor validitas yang tinggi memberi keyakinan bahwa fondasi produk sudah kuat, sedangkan pengujian berikutnya berfungsi memastikan bahwa fondasi tersebut bekerja dalam kondisi kelas nyata. Pendekatan bertahap ini juga membuat kontribusi penelitian lebih jelas, karena setiap tahap menghasilkan jenis bukti yang berbeda dan setiap klaim didasarkan pada bukti yang memang tersedia.

Bagi guru IPA, produk yang telah tervalidasi dapat diposisikan sebagai rancangan kerja yang masih memerlukan adaptasi terhadap kondisi kelas. Guru dapat menyesuaikan konteks masalah, sumber lokal, komposisi kelompok, dan durasi kegiatan selama tujuan pembelajaran serta urutan inti PBL tetap terjaga. Fleksibilitas ini penting agar modul tidak diperlakukan sebagai naskah yang harus diikuti secara mekanis. Pada saat yang sama, perubahan guru perlu didokumentasikan karena dapat menjadi data pengembangan yang berharga: bagian yang sering diubah mungkin menunjukkan perlunya penyempurnaan pada desain awal. Dengan melibatkan guru sebagai pengguna aktif dalam tahap praktikalitas, pengembangan modul dapat bergerak dari validitas berbasis pakar menuju kesesuaian dengan realitas pembelajaran.

Bagi peneliti, hasil penelitian ini juga menegaskan pentingnya transparansi perhitungan. Penyajian skor mentah, skor maksimum, persentase per aspek, dan persentase total

memungkinkan pembaca memeriksa kembali konsistensi analisis. Praktik ini sederhana tetapi penting dalam artikel pengembangan karena kesalahan rata-rata dapat mengubah interpretasi hasil. Penelitian ini menggunakan 89,70% sebagai skor total karena angka tersebut berasal langsung dari 148 skor yang diperoleh dibandingkan dengan 165 skor maksimum. Dengan basis perhitungan yang jelas, pembahasan dapat difokuskan pada makna pedagogis hasil validasi dan rencana pengujian berikutnya, bukan pada perbedaan angka yang sebenarnya muncul dari cara agregasi yang tidak konsisten.

Tabel 3. Interpretasi aspek dan fokus pengembangan lanjutan

Aspek	Hasil	Fokus pengujian berikutnya
Kesesuaian CP	95,00%	Pastikan aktivitas dan asesmen tetap konsisten dengan TP saat digunakan di kelas.
Sintaks PBL	92,00%	Uji keterlaksanaan setiap tahap, alokasi waktu, dan kecukupan scaffolding.
Bahasa & petunjuk	87,50%	Uji keterbacaan, konsistensi istilah, dan kejelasan instruksi bagi siswa

		kelas VIII.
Desain visual	90,00%	Uji keterbacaan pada berbagai ukuran layar dan kondisi cetak.
Media digital	87,50%	Uji fungsi tautan/QR, akses internet, navigasi, serta manfaat media bagi penyelidikan.

Tabel 3 menyajikan implikasi metodologis dari pola skor untuk perencanaan uji berikutnya. Fokus tersebut membantu menghubungkan hasil validasi dengan langkah pengembangan lanjutan tanpa mengubah temuan validasi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan validasi dua ahli dan penghitungan skor mentah, modul ajar PBL terintegrasi digital untuk mendukung pemecahan masalah siswa kelas VIII SMP memperoleh skor total 148 dari 165 atau 89,70% dan termasuk kategori sangat valid. Ahli materi memberikan 77 dari 85 (90,59%) dan ahli media 71 dari 80 (88,75%). Pada tingkat aspek, kesesuaian dengan CP mencapai 95,00%, sintaks PBL 92,00%, desain tampilan/layout/tipografi 90,00%, sedangkan kelayakan bahasa dan kejelasan petunjuk serta integrasi elemen interaktif dan media digital masing-masing 87,50%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa produk memiliki kelayakan teoritis yang baik dari sisi substansi, pedagogi, kebahasaan, visual, dan integrasi digital. Namun, karena penelitian berhenti pada tahap Development dan belum melakukan implementasi kepada siswa, penelitian ini belum dapat menyimpulkan bahwa modul meningkatkan kemampuan pemecahan masalah. Produk disarankan dilanjutkan ke uji keterbacaan, uji kelompok kecil, uji praktikalitas, dan uji efektivitas dengan instrumen pemecahan masalah yang teruji.

5. REFERENSI

- Adiastuti, N., Nisa, Z. K., & Sageta, R. (2025). Statistics learning innovation through contextual numeration of literacy e-module. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 12(3), 353–365.
<https://doi.org/10.21831/jitp.v12i3.87935>
- Arikunto, S. (2021). Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik (Edisi revisi). Rineka Cipta.
- Bannang, A., Uloli, R., & Abdjul, T. (2023). Pengembangan perangkat pembelajaran menggunakan model pembelajaran kooperatif dengan pendekatan inkuiri pada materi fluida statis. *Aksara: Jurnal Ilmu Pendidikan Nonformal*, 9(1), 749-760.
<https://doi.org/10.37905/aksara.9.1.749-760.2023>
- Fitriani, A., Ramli, M., & Suciati, S. (2022). Pengaruh model problem-based learning terintegrasi digital terhadap keterampilan pemecahan masalah siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 8(2), 145-156.
- Hajar, S., & Fitria, Y. (2022). Efektivitas penggunaan modul digital berbasis model PBL terhadap

penguasaan konsep IPA tematik di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 6(3), 4480-4488.

- Karim, W. A., & Kenta, A. M. (2021). Pembelajaran berbasis masalah dalam mengasah penalaran kritis siswa. *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan dan Sains*, 4(1), 15-26.
- Loyens, S. M. M., van Meerten, J. E., Schaap, L., & Wijnia, L. (2023). Situating higher-order, critical, and critical-analytic thinking in problem- and project-based learning environments: A systematic review. *Educational Psychology Review*, 35, Article 39.
<https://doi.org/10.1007/s10648-023-09757-x>
- Melyastiti, N. M., Agung, A., & Sudarma, I. K. (2023). E-modul berbasis problem based learning pada mata pelajaran matematika. *Jurnal Teknologi Pembelajaran Indonesia*, 13(1), 45-56.
- Nurrita, T., Asyhar, R., & Wibawa, B. (2022). Pengembangan media dan perangkat pembelajaran digital berbasis teknologi di era Kurikulum Merdeka. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 24(3), 210-222.
- Nusantari, E., & Haryani, S. (2021). Penerapan problem based learning untuk meningkatkan kemampuan berpikir analitis dan pemecahan masalah peserta didik. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(1), 88-99.
- OECD. (2023). PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2022 tentang Standar Proses pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah.
- Pradana, F. A., & Kuswanto, H. (2021). Pengembangan e-modul interaktif berbasis pemecahan masalah untuk meningkatkan HOTS siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 11(2), 178-190.
- Rahmi, A., Suryani, A., & Hasan, M. (2023). Integrasi Problem-Based Learning dan media interaktif untuk mendukung keberhasilan proses pembelajaran IPA. *Jurnal Riset Pendidikan IPA*, 9(4), 512-520.
- Ramdhani, L. I., Arianda, Y. D., Tjalla, A., & Wahyuni, L. D. (2025). Development of instrument for understanding the concept of writing scientific articles for lecturers using the ADDIE model: Empirical validity and reliability. *Indonesian Journal of Educational Development (IJED)*, 5(4), 429–443.
<https://doi.org/10.59672/ijed.v5i4.4324>
- Saputri, S. E., Pasaribu, F. T., & Trianggono, M. (2025). Efektivitas modul pembelajaran interaktif berbasis PBL terhadap kemampuan

- pemecahan masalah. *Jurnal Penelitian Pendidikan Matematika*, 9(1), 12-23.
- Suastika, I. K., Zubaidah, S., & Mahanal, S. (2022). Analisis keterampilan pemecahan masalah dan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah menengah. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 14(1), 45-55.
- Sugiyono. (2021). *Metode penelitian & pengembangan (Research and Development/R&D)*. Alfabeta.
- Varadarajan, S., & Ladage, S. (2024). Problem-based learning (PBL): A literature review of theory and practice in undergraduate chemistry laboratories. *Journal of Chemical Education*, 101(8), 3027–3038. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c01335>
- Wati, D. R., Zulfiati, H. M., & Hermawan, D. (2024). Efektivitas model problem based learning berbasis media digital untuk meningkatkan motivasi belajar. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 9(3), 97-103.
- Widada, W., Herawaty, D., & Lubis, A. N. (2023). Desain modul ajar digital interaktif Kurikulum Merdeka dalam meningkatkan penalaran matematis dan pemecahan masalah. *Jurnal Pendidikan Matematika Kreatif*, 14(2), 115-128.
- Yulianti, D., & Sarwi, S. (2023). Kebijakan Kurikulum Merdeka dan implementasi bahan ajar digital berbasis PBL pada pembelajaran IPA. *Jurnal Kebijakan dan Pengembangan Pendidikan*, 11(1), 25-36