

**PENGEMBANGAN BAHAN AJAR IPA INOVATIF BERBASIS INKUIRI DAN
TEKNOLOGI DIGITAL : KAJIAN KEPUSTAKAAN**

Nurhayati Ritonga¹, Dwi Utami Panggabean², Zurriyana Nainggolan³, Lelya Hilda⁴
^{1,2,3,4}Pasca Sarjana Pendidikan Dasar Universitas Islam Negeri Syekh Ali Hasan
Ahmad Addary Padangsidimpuan

¹nurhayatiarifritonga@gmail.com, ²dwiutamipanggabean84@gmail.com

³zurriyananainggolan@gmail.com, ⁴lelya@uinsyahada.ac.id

ABSTRACT

Digital technology provides new opportunities to strengthen elementary science learning, yet its use needs to be embedded in pedagogy that positions learners as active participants in observing phenomena, asking questions, investigating evidence, interpreting data, and communicating explanations. This article aims to analyze the concepts, principles, forms, benefits, and challenges of developing innovative science instructional materials that integrate inquiry-based learning and digital technology in elementary education. The study employed library research with a descriptive-analytical approach. Data sources consisted of academic books, institutional reports, national and international journal articles, and systematic reviews relevant to science instructional materials, inquiry-based learning, digital technology, and digital worksheets. Sources were selected purposively based on relevance, credibility, and recency, prioritizing publications from 2019–2026 while retaining several foundational sources. Data were analyzed through information reduction, thematic categorization, comparison of findings, synthesis, and formulation of implications. The review indicates that innovative science instructional materials should not merely convert printed textbooks into digital formats. Instead, they should function as learning environments that guide students through phenomenon orientation, question formulation, evidence collection, data analysis, explanation building, communication, and reflection. Digital technology can strengthen these processes through videos, simulations, multimedia, digital worksheets, data documentation, and collaborative spaces. The literature also indicates that the integration of inquiry and technology has potential to enhance engagement, science process skills, scientific literacy, critical thinking, and communication. Nevertheless, successful implementation depends on teacher competence, instructional design, access to devices and connectivity, and proportional use of technology. Therefore, science instructional materials should integrate pedagogy, content, scientific activities, and technology in a balanced manner.

Keywords : science instructional materials; inquiry; digital technology; elementary education; library research

ABSTRAK

Perkembangan teknologi digital menghadirkan peluang baru untuk memperkuat pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), tetapi pemanfaatannya perlu ditempatkan dalam kerangka pedagogis yang mendorong peserta didik aktif mengamati, bertanya, menyelidiki, mengolah bukti, dan mengomunikasikan hasil. Artikel ini bertujuan menganalisis secara kepustakaan konsep, prinsip, bentuk,

manfaat, serta tantangan pengembangan bahan ajar IPA inovatif yang mengintegrasikan pendekatan inkuiri dan teknologi digital pada jenjang sekolah dasar. Penelitian menggunakan metode penelitian kepustakaan (*library research*) dengan pendekatan deskriptif-analitis. Sumber data berupa buku akademik, laporan lembaga, artikel jurnal nasional dan internasional, serta hasil kajian sistematis yang relevan dengan bahan ajar IPA, pembelajaran inkuiri, teknologi digital, dan e-LKPD. Literatur dipilih secara purposif berdasarkan relevansi, kredibilitas sumber, dan keterbaruan, dengan prioritas publikasi 2019 - 2026 serta beberapa sumber fondasional. Analisis dilakukan melalui reduksi informasi, pengelompokan tema, perbandingan temuan, sintesis, dan penarikan implikasi. Hasil kajian menunjukkan bahwa bahan ajar IPA inovatif tidak cukup hanya mengubah buku cetak menjadi format digital, tetapi perlu dirancang sebagai lingkungan belajar yang mengarahkan peserta didik melalui tahapan orientasi fenomena, perumusan pertanyaan, pengumpulan bukti, analisis data, penyusunan penjelasan, komunikasi hasil, dan refleksi. Teknologi digital berfungsi sebagai penguat proses tersebut melalui video, simulasi, multimedia, lembar kerja digital, dokumentasi data, dan ruang kolaborasi. Kajian juga menunjukkan bahwa integrasi inkuiri dan teknologi berpotensi memperkuat keterlibatan belajar, keterampilan proses sains, literasi sains, berpikir kritis, serta kemampuan komunikasi. Namun, keberhasilannya sangat dipengaruhi kompetensi guru, kesesuaian desain bahan ajar, ketersediaan perangkat dan konektivitas, serta penggunaan teknologi secara proporsional. Dengan demikian, pengembangan bahan ajar IPA perlu berorientasi pada integrasi pedagogi, konten, aktivitas ilmiah, dan teknologi secara seimbang.

Kata Kunci: Bahan Ajar IPA, Inkuiri, Teknologi Digital, Sekolah Dasar, Penelitian Kepustakaan

A. Pendahuluan

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) pada jenjang sekolah dasar memiliki posisi strategis dalam membangun kemampuan peserta didik memahami fenomena alam sekaligus mengembangkan cara berpikir berbasis bukti. Karena itu, pembelajaran IPA tidak semestinya berhenti pada penguasaan istilah dan fakta, tetapi perlu memberi pengalaman kepada peserta didik untuk mengamati, mengajukan pertanyaan, melakukan penyelidikan,

menggunakan data, menyusun penjelasan, dan mengomunikasikan hasil. *National Research Council* (2000) menempatkan inkuiri sebagai bagian penting dalam pembelajaran sains karena peserta didik perlu belajar tentang konsep sains sekaligus belajar bagaimana pengetahuan ilmiah diperoleh melalui proses penyelidikan.

Dalam praktik pembelajaran, bahan ajar merupakan salah satu perangkat yang dapat menentukan kualitas pengalaman belajar. Bahan

ajar yang hanya berfungsi sebagai kumpulan materi cenderung menempatkan peserta didik sebagai penerima informasi. Sebaliknya, bahan ajar yang memuat fenomena, pertanyaan pemantik, petunjuk pengamatan, kegiatan eksperimen, tabel pengumpulan data, ruang analisis, dan refleksi dapat berfungsi sebagai *scaffolding* bagi peserta didik untuk melakukan aktivitas ilmiah. Kajian Masithah et al. (2022) menunjukkan relevansi bahan ajar IPA berbasis inkuiri untuk mendukung literasi sains, sedangkan Ramdani dan Syukur (2025) menekankan kontribusi bahan ajar IPA terintegrasi kearifan lokal terhadap keterampilan proses sains.

Perubahan lingkungan belajar akibat perkembangan teknologi digital semakin memperluas bentuk bahan ajar. Bahan ajar dapat hadir sebagai e-modul, e-LKPD, buku digital interaktif, multimedia, video pembelajaran, simulasi, infografis, atau kombinasi berbagai media.

Utami dan Atmojo (2021) menemukan bahwa guru sekolah dasar masih menghadapi kebutuhan terhadap bahan ajar digital yang beragam, sementara Anjani dan Usman (2024) menunjukkan adanya

kebutuhan guru terhadap bahan ajar digital IPA yang mudah diakses, interaktif, dan menarik. Temuan tersebut menunjukkan bahwa digitalisasi bahan ajar perlu dipahami sebagai persoalan desain pembelajaran, bukan sekadar perubahan format dari cetak menjadi elektronik.

Kajian internasional memperkuat kebutuhan integrasi tersebut. Yun dan Crippen (2024), melalui *systematic review* terhadap 22 studi empiris mengenai teknologi dalam *inquiry-based elementary science education*, menemukan bahwa teknologi banyak digunakan untuk mendukung observasi dan interpretasi data serta menyediakan bahan belajar, membantu pengumpulan data, dan menghubungkan pembelajaran dengan konteks dunia nyata. Chen (2025) juga menunjukkan bahwa *collaborative inquiry* yang diperkaya teknologi dapat mendukung pengetahuan konten, proses inkuiri, dan keterampilan ilmiah.

Dengan demikian, teknologi memiliki nilai pedagogis apabila digunakan untuk memperkuat aktivitas ilmiah peserta didik, bukan hanya untuk mempercantik tampilan

bahan ajar. Meskipun demikian, integrasi inkuiri dan teknologi digital menghadirkan tantangan. Teknologi tidak otomatis menghasilkan pembelajaran yang aktif, penggunaan perangkat digital yang tidak didukung desain pedagogis justru dapat mempertahankan pola pembelajaran satu arah. OECD (2023) menegaskan bahwa transformasi digital pendidikan berbeda dari sekadar digitalisasi karena transformasi menuntut perubahan terhadap proses pembelajaran dan ekosistem pendidikan. Oleh sebab itu, pengembangan bahan ajar IPA inovatif perlu mempertimbangkan keterkaitan antara tujuan pembelajaran, karakteristik peserta didik, materi IPA, tahapan inkuiri, media digital, asesmen, kompetensi guru, dan kondisi sarana-prasarana.

Berdasarkan persoalan tersebut, artikel ini memusatkan kajian pada lima pertanyaan: (1) bagaimana hakikat bahan ajar IPA inovatif; (2) bagaimana karakteristik pembelajaran IPA berbasis inkuiri; (3) bagaimana teknologi digital dapat diintegrasikan ke dalam bahan ajar IPA; (4) bagaimana prinsip dan rancangan pengembangan bahan

ajar IPA berbasis inkuiri dan teknologi digital; serta (5) apa manfaat dan tantangan penerapannya. Tujuan artikel adalah menghasilkan sintesis konseptual yang dapat menjadi dasar bagi guru, mahasiswa pendidikan, dan pengembang bahan ajar dalam merancang bahan ajar IPA yang aktif, kontekstual, interaktif, dan berorientasi pada proses ilmiah.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan penelitian kepustakaan (*library research*) dengan pendekatan deskriptif-analitis. Penelitian kepustakaan dipilih karena fokus kajian adalah mengidentifikasi, memahami, membandingkan, dan mensintesis gagasan serta temuan penelitian terdahulu mengenai bahan ajar IPA, pembelajaran inkuiri, dan teknologi digital. Snyder (2019) menjelaskan bahwa kajian literatur dapat digunakan sebagai metodologi penelitian apabila proses identifikasi, evaluasi, dan sintesis sumber dilakukan secara terarah, bukan sekadar mengumpulkan kutipan.

Sumber data dalam kajian ini meliputi: (1) artikel jurnal nasional dan internasional yang membahas bahan ajar IPA, inquiry-based

science education, e-LKPD, dan teknologi pendidikan; (2) buku atau karya akademik yang menjadi landasan konseptual; (3) laporan lembaga yang relevan dengan transformasi digital pendidikan; dan (4) hasil systematic review atau meta-analysis yang memberikan sintesis empiris. Penelusuran literatur dilakukan melalui mesin pencari akademik dan laman penerbit jurnal, dengan memanfaatkan kata kunci seperti “bahan ajar IPA”, “bahan ajar digital IPA”, “pembelajaran IPA berbasis inkuiri”, “*inquiry-based science education*”, “*digital learning materials*”, “e-LKPD”, dan “*technology-enhanced inquiry*”.

Kriteria inklusi sumber meliputi: (a) memiliki keterkaitan langsung dengan fokus kajian; (b) berasal dari jurnal ilmiah, buku akademik, atau lembaga yang kredibel; (c) tersedia informasi bibliografis yang dapat diverifikasi; dan (d) untuk penelitian empiris, menjelaskan konteks, tujuan, dan temuan penelitian secara memadai. Literatur tahun 2019-2026 diprioritaskan untuk menangkap perkembangan mutakhir, sedangkan sumber lebih lama dipertahankan apabila memiliki fungsi fondasional, seperti *National Research Council*

(2000) mengenai hakikat inkuiri dan Mayer (2021) mengenai pembelajaran multimedia.

Analisis dilakukan melalui lima tahap. Pertama, identifikasi informasi yang relevan dari setiap sumber. Kedua, reduksi informasi dengan memusatkan perhatian pada konsep, bentuk bahan ajar, tahapan inkuiri, fungsi teknologi, manfaat, dan tantangan. Ketiga, pengelompokan informasi ke dalam tema-tema utama. Keempat, perbandingan antarsumber untuk menemukan kesamaan, perbedaan, dan kecenderungan. Kelima, sintesis interpretatif untuk merumuskan prinsip pengembangan bahan ajar IPA inovatif. Prosedur tersebut sejalan dengan prinsip transparansi dalam pelaporan kajian literatur, meskipun artikel ini diposisikan sebagai penelitian kepustakaan deskriptif-analitis dan bukan *systematic review* dengan *meta-analysis*. PRISMA 2020 digunakan sebagai rujukan umum mengenai pentingnya transparansi proses pelaporan, bukan sebagai klaim bahwa artikel ini memenuhi seluruh *prosedur systematic review* (Page et al., 2021).

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Bahan ajar IPA dapat dipahami sebagai sumber belajar yang disusun secara sistematis untuk membantu peserta didik mencapai tujuan pembelajaran melalui materi, aktivitas, contoh, latihan, dan evaluasi. Dalam konteks IPA, pengertian tersebut perlu diperluas karena pembelajaran sains memiliki karakteristik proses. Peserta didik tidak hanya mempelajari “apa” yang diketahui dalam sains, tetapi juga “bagaimana” pengetahuan tersebut diperoleh dan diuji. *National Research Council* (2000) menegaskan bahwa *inquiry* mencakup aktivitas seperti mengamati, mengajukan pertanyaan, merencanakan penyelidikan, menggunakan alat untuk mengumpulkan dan menganalisis data, menyusun penjelasan, serta mengomunikasikan hasil.

Atas dasar itu, bahan ajar IPA inovatif seharusnya memiliki setidaknya empat karakteristik. Pertama, berorientasi pada aktivitas peserta didik. Kedua, menghubungkan konsep dengan fenomena yang dekat dengan kehidupan sehari-hari. Ketiga, menyediakan *scaffolding* yang cukup

agar peserta didik mampu melakukan penyelidikan sesuai tingkat perkembangannya. Keempat, menggunakan teknologi secara fungsional apabila teknologi tersebut benar-benar membantu proses belajar. Mayer (2021) menekankan bahwa multimedia dapat membantu pembelajaran ketika kombinasi kata dan gambar dirancang sesuai prinsip kognitif, sehingga tidak terjadi beban informasi yang berlebihan.

Temuan Utami dan Atmojo (2021) menunjukkan bahwa bahan ajar digital dibutuhkan karena pembelajaran masih banyak menggunakan bahan ajar konvensional dan guru membutuhkan materi digital yang beragam. Namun, kebutuhan tersebut tidak berarti semua bahan ajar harus dibuat penuh multimedia. Bahan ajar inovatif justru harus memilih media sesuai fungsi. Video dapat digunakan untuk menampilkan fenomena atau proses yang sulit diamati secara langsung; simulasi dapat membantu memvisualisasikan konsep; gambar dan infografis dapat menyederhanakan hubungan antarkomponen; sedangkan e-LKPD dapat mengarahkan peserta didik

mencatat dan menganalisis hasil penyelidikan.

Inkuiri menempatkan peserta didik sebagai pelaku aktif dalam proses memperoleh pengetahuan. Dalam pembelajaran, tingkat keterbukaan inkuiri dapat disesuaikan dengan kemampuan peserta didik. Pada jenjang sekolah dasar, *guided inquiry* dapat menjadi pilihan yang realistis karena guru masih memberikan masalah, prosedur tertentu, pertanyaan penuntun, atau format pencatatan data. Mahmudah et al. (2024) melalui tinjauan literatur menunjukkan bahwa pendekatan inkuiri dalam pembelajaran IPA SD berpotensi mendukung berpikir kritis, komunikasi, kreativitas, motivasi, dan keterlibatan peserta didik.

Secara operasional, bahan ajar berbasis inkuiri dapat mengikuti alur: orientasi fenomena, identifikasi masalah, perumusan pertanyaan, dugaan atau prediksi, perencanaan dan pelaksanaan penyelidikan, pengumpulan bukti, analisis data, penyusunan penjelasan, komunikasi hasil, dan refleksi. Tidak semua tahap harus selalu ditampilkan dengan tingkat kompleksitas yang sama. Prinsip utamanya adalah peserta didik memperoleh kesempatan untuk

menggunakan bukti dalam membangun penjelasan. Heindl (2019) melaporkan efek positif pembelajaran berbasis inkuiri terhadap capaian akademik dan menunjukkan pentingnya kesiapan guru serta peserta didik dalam penerapan inkuiri.

Meta-analysis yang lebih mutakhir juga menunjukkan kecenderungan positif. Arifin et al. (2025) menganalisis 25 artikel yang terbagi menjadi 36 studi mengenai *inquiry-based learning* dan berpikir kritis dalam pendidikan sains. Hasilnya menunjukkan ukuran efek rata-rata yang besar, meskipun heterogenitas antarstudi tinggi. Temuan tersebut penting karena menunjukkan bahwa efektivitas inkuiri tidak dapat dilepaskan dari konteks, strategi pengajaran, durasi, pemanfaatan teknologi, dan cara evaluasi. Artinya, bahan ajar tidak cukup hanya diberi label “berbasis inkuiri”; sintaks, pertanyaan, bukti, dan asesmen harus benar-benar dirancang untuk menghasilkan pengalaman inkuiri.

Teknologi digital memiliki sekurang-kurangnya lima fungsi dalam pembelajaran IPA. Pertama, fungsi representasional, yaitu membantu menampilkan fenomena

melalui gambar, video, animasi, atau simulasi. Kedua, fungsi investigatif, yaitu membantu peserta didik mengumpulkan, mencatat, menyimpan, dan mengolah data. Ketiga, fungsi komunikatif, yaitu memfasilitasi penyajian hasil dan kolaborasi. Keempat, fungsi akses, yaitu memperluas sumber belajar yang dapat digunakan peserta didik. Kelima, fungsi asesmen, yaitu membantu memberikan latihan, umpan balik, dan dokumentasi hasil belajar. OECD (2023) menekankan bahwa teknologi pendidikan perlu ditempatkan dalam ekosistem pembelajaran yang efektif dan berkeadilan, bukan dipandang sebagai tujuan pembelajaran itu sendiri.

Yun dan Crippen (2024) memberikan bukti yang relevan untuk konteks sekolah dasar. Dari 22 studi empiris yang mereka telaah mengenai teknologi dalam *inquiry-based elementary science education*, teknologi paling banyak digunakan untuk mendukung observasi dan interpretasi data pada tahap investigasi. Tiga fungsi teknologi yang dominan adalah membantu pengumpulan data, menyediakan materi pembelajaran, dan

menghubungkan pembelajaran dengan konteks dunia nyata. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa teknologi memiliki nilai ketika ditempatkan pada titik kebutuhan peserta didik dalam proses inkuiri.

Chen (2025) juga menunjukkan bahwa *technology-enhanced collaborative inquiry* dapat mendukung pengetahuan konten, proses inkuiri, dan keterampilan ilmiah. Hal ini memberikan dasar bahwa bahan ajar digital dapat dirancang bukan hanya untuk belajar individual, tetapi juga untuk kerja kelompok. Misalnya, setiap kelompok dapat mengamati fenomena melalui video, membuat prediksi, melakukan eksperimen sederhana, memasukkan hasil pengamatan ke lembar kerja digital, membandingkan data, dan menyusun kesimpulan bersama.

Integrasi yang baik bukan berarti setiap tahap pembelajaran harus menggunakan aplikasi berbeda. Prinsip desain yang lebih tepat adalah memilih teknologi berdasarkan kebutuhan pedagogis. Jika tujuan tahap awal adalah memunculkan rasa ingin tahu, video pendek atau gambar fenomena dapat digunakan. Jika tujuan tahap investigasi adalah mengumpulkan

bukti, e-LKPD dapat menyediakan tabel pengamatan. Jika tujuan tahap analisis adalah membandingkan data, peserta didik dapat menggunakan tabel atau grafik sederhana. Jika tujuan tahap komunikasi adalah menyajikan temuan, peserta didik dapat membuat presentasi singkat atau poster digital.

Tabel 1. Matriks integrasi tahapan inkuiri dan teknologi digital

Tahap Inkuiri	Aktivitas Peserta Didik	Fungsi Teknologi	Contoh Komponen Bahan Ajar
Orientasi fenomena	Mengamati fenomena dan mengidentifikasi hal yang menarik	Menampilkan fenomena secara visual	Video pendek, gambar, animasi
Pertanyaan	Mengajukan pertanyaan berdasarkan fenomena	Menyediakan pemantik dan ruang respons	Kotak pertanyaan, forum/lembar digital

Tahap Inkuiri	Aktivitas Peserta Didik	Fungsi Teknologi	Contoh Komponen Bahan Ajar
	na		
Prediksi	Menyampaikan dugaan awal	Merekam respons awal	Kuis/polling atau kolom prediksi
Penyelidikan	Mengamati, mencoba, mengukur, dan mengumpulkan data	Memban-tu pencatatan dan dokumentasi	E-LKPD, tabel pengamatan, kamera
Analisis	Membandingkan data dan mencari pola	Memban-tu pengorganisasian data	Tabel/grafik sederhana
Penjelas-an	Menyusun kesimpulan	Menyediakan scaffolding	Pertanyaan penuntun dan

Tahap Inkuiri	Aktivitas Peserta Didik	Fungsi Teknologi	Contoh Komponen Bahan Ajar
	berbasis bukti		templat kesimpulan
Komunikasi	Menyajikan hasil penyelidikan	Mendukung presentasi dan kolaborasi	Poster digital, presentasi, video
Refleksi	Menilai proses dan hasil belajar	Memberikan umpan balik	Kuis reflektif/jurnal digital

Tabel tersebut memperlihatkan bahwa teknologi bukan sintaks pembelajaran tersendiri. Teknologi ditempatkan sebagai alat yang memperkuat aktivitas pada setiap tahap inkuiri. Pola ini sejalan dengan temuan Yun dan Crippen (2024) dan Chen (2025), yang menunjukkan bahwa teknologi paling bermakna ketika terkait langsung dengan proses penyelidikan, pengumpulan

bukti, interpretasi data, dan kolaborasi.

Berdasarkan sintesis literatur, terdapat beberapa bentuk bahan ajar yang potensial. Pertama, e-modul IPA berbasis inkuiri. E-modul dapat memuat materi singkat, fenomena kontekstual, pertanyaan penyelidikan, eksperimen, latihan, dan refleksi. Kedua, e-LKPD berbasis inkuiri. Bentuk ini sangat sesuai karena lembar kerja dapat langsung mengarahkan peserta didik pada urutan kegiatan penyelidikan. Maharani et al. (2024) mengembangkan e-LKPD berbasis inkuiri pada materi cahaya dan sifatnya untuk kelas V dengan model ADDIE; penelitian tersebut memperlihatkan relevansi e-LKPD sebagai bentuk bahan ajar inovatif untuk mendukung pembelajaran IPA.

Ketiga, buku digital interaktif dapat menggabungkan teks, gambar, video, tautan, pertanyaan, dan aktivitas. Keempat, bahan ajar berbasis multimedia dapat digunakan pada materi yang memerlukan visualisasi. Kelima, bahan ajar berbasis web atau platform pembelajaran dapat menyediakan ruang belajar yang lebih fleksibel. Namun, pilihan bentuk harus mempertimbangkan usia

peserta didik, tujuan pembelajaran, ketersediaan perangkat, kemampuan guru, dan akses internet. Bahan ajar yang sangat kompleks belum tentu lebih baik apabila justru menyulitkan penggunaan.

Pertama, prinsip kesesuaian tujuan. Setiap media, aktivitas, dan pertanyaan harus memiliki hubungan dengan capaian pembelajaran. Kedua, prinsip aktivitas ilmiah. Bahan ajar perlu memberikan ruang bagi peserta didik untuk menghasilkan atau menggunakan bukti, bukan hanya membaca penjelasan. Ketiga, prinsip kontekstual. Fenomena yang digunakan sebaiknya dekat dengan lingkungan peserta didik sehingga konsep IPA memiliki makna. Keempat, prinsip *scaffolding*. Petunjuk dan pertanyaan penuntun harus cukup membantu tetapi tidak mengambil alih proses berpikir peserta didik. Kelima, prinsip multimedia yang terarah. Gambar, video, animasi, dan teks perlu disusun agar saling melengkapi dan tidak membebani pemrosesan kognitif (Mayer, 2021).

Keenam, prinsip aksesibilitas dan fleksibilitas. Bahan ajar perlu mempertimbangkan kemungkinan keterbatasan perangkat, jaringan

internet, ukuran file, dan variasi kemampuan digital. Ketujuh, prinsip asesmen autentik. Penilaian tidak hanya mengukur jawaban akhir, tetapi juga kemampuan mengamati, mengajukan pertanyaan, menggunakan data, memberikan alasan, dan mengomunikasikan hasil. Kedelapan, prinsip keamanan dan etika digital. Guru perlu memastikan bahwa peserta didik menggunakan sumber digital secara bertanggung jawab dan tidak terpapar konten yang tidak sesuai usia.

Sintesis literatur menunjukkan sekurang-kurangnya enam manfaat utama. Pertama, meningkatkan keterlibatan peserta didik karena pembelajaran menyediakan aktivitas dan fenomena yang dapat diamati. Kedua, mendukung keterampilan proses sains seperti observasi, pengukuran, klasifikasi, interpretasi, dan komunikasi. Ketiga, memperkuat berpikir kritis karena peserta didik harus menghubungkan bukti dengan penjelasan. Keempat, membantu literasi sains melalui pengalaman menggunakan konsep untuk memahami fenomena. Kelima, memperluas representasi konsep melalui multimedia. Keenam,

mendukung kolaborasi dan komunikasi hasil penyelidikan.

Temuan tersebut konsisten dengan hasil Mahmudah et al. (2024), Heindl (2019), Yun dan Crippen (2024), serta Arifin et al. (2025). Akan tetapi, hasil positif tersebut sebaiknya tidak diterjemahkan sebagai klaim bahwa teknologi selalu meningkatkan hasil belajar. Efektivitas dipengaruhi oleh desain pembelajaran dan kondisi implementasi. Karena itu, pertanyaan yang lebih tepat bukan “teknologi apa yang paling bagus?”, tetapi “teknologi apa yang paling sesuai untuk membantu peserta didik mencapai tujuan pada tahap belajar tertentu?”

Tantangan pertama adalah kompetensi guru. Guru perlu memahami materi IPA sekaligus mampu memilih teknologi dan merancang aktivitas inkuiri. National Research Council (2000) menekankan bahwa guru perlu memiliki pemahaman dan keterampilan untuk menggunakan inkuiri secara tepat. Tantangan kedua adalah sarana-prasarana. Tidak semua peserta didik memiliki perangkat atau koneksi internet yang sama. Solusinya adalah menyediakan alternatif offline, bahan

berukuran ringan, penggunaan perangkat secara berkelompok, serta aktivitas yang tetap dapat dilakukan tanpa koneksi internet.

Tantangan ketiga adalah beban kognitif dan distraksi. Bahan ajar digital yang terlalu banyak animasi, teks, warna, tautan, atau suara dapat mengalihkan perhatian dari konsep utama. Prinsip multimedia menuntut seleksi elemen yang benar-benar relevan dengan tujuan belajar (Mayer, 2021). Tantangan keempat adalah kecenderungan digitalisasi yang hanya mengganti media tanpa mengubah pedagogi. OECD (2023) mengingatkan bahwa transformasi digital tidak sama dengan sekadar adopsi perangkat digital.

Tantangan kelima adalah keterbatasan waktu guru dalam mengembangkan bahan ajar. Strategi yang dapat dilakukan adalah menggunakan template yang konsisten, mengembangkan bahan ajar secara bertahap, memanfaatkan sumber terbuka secara legal, serta melakukan pengembangan bersama melalui komunitas guru. Tantangan keenam adalah asesmen. Jika bahan ajar dirancang berbasis inkuiri, asesmen juga perlu menilai proses,

bukti, penalaran, dan komunikasi, bukan hanya pilihan ganda.

Berdasarkan sintesis kepustakaan, pengembangan bahan ajar IPA inovatif berbasis inkuiri dan teknologi digital dapat dipandang sebagai sebuah siklus. Tahap pertama adalah analisis kebutuhan: mengidentifikasi karakteristik peserta didik, tujuan pembelajaran, materi, lingkungan, dan fasilitas teknologi. Tahap kedua adalah desain: memilih fenomena, menentukan tahapan inkuiri, merancang pertanyaan, aktivitas, media, dan asesmen. Tahap ketiga adalah pengembangan: menghasilkan e-modul, e-LKPD, multimedia, atau bentuk lain yang dipilih. Tahap keempat adalah implementasi terbimbing: guru memfasilitasi penyelidikan dan memastikan peserta didik memahami penggunaan bahan ajar. Tahap kelima adalah evaluasi: menilai keterlaksanaan, respons peserta didik, kualitas produk, dan ketercapaian tujuan. Kerangka ini dapat dipadukan dengan model ADDIE apabila penelitian lanjutan diarahkan pada penelitian pengembangan.

Secara konseptual, hubungan antarkomponen dapat dirumuskan

sebagai berikut: kebutuhan pembelajaran → tujuan dan karakteristik peserta didik → desain inkuiri → pemilihan teknologi → pengembangan bahan ajar → implementasi → asesmen dan refleksi → revisi. Rangkaian tersebut menunjukkan bahwa inovasi tidak terletak pada teknologi semata, melainkan pada kualitas hubungan antara teknologi, aktivitas ilmiah, konten, dan kebutuhan peserta didik.

Kajian ini memiliki implikasi teoretis dan praktis. Secara teoretis, hasil sintesis memperkuat pandangan bahwa bahan ajar IPA perlu dipahami sebagai perangkat pedagogis yang dapat mengorganisasi pengalaman ilmiah peserta didik. Integrasi inkuiri dan teknologi digital memberikan kerangka untuk menghubungkan pengetahuan konseptual dengan proses memperoleh dan menggunakan bukti. Secara praktis, guru dapat mulai dari bentuk sederhana seperti e-LKPD berbasis inkuiri yang memanfaatkan video pendek atau gambar sebagai stimulus, kemudian berkembang ke simulasi dan kolaborasi digital sesuai kebutuhan.

Bagi pengembang bahan ajar, kualitas produk sebaiknya diuji

melalui beberapa aspek: validitas isi dan bahasa, kualitas media, keterlaksanaan, kepraktisan, respons peserta didik, serta dampaknya terhadap kemampuan yang ditargetkan. Bagi sekolah, dukungan terhadap transformasi digital perlu mencakup peningkatan kompetensi guru, penyediaan infrastruktur, dan kebijakan penggunaan perangkat yang realistis. Dengan demikian, pengembangan bahan ajar tidak berhenti pada produk, tetapi menjadi bagian dari peningkatan ekosistem pembelajaran IPA.

D. Kesimpulan

Penelitian kepustakaan ini menunjukkan bahwa bahan ajar IPA inovatif berbasis inkuiri dan teknologi digital memiliki potensi kuat untuk menciptakan pengalaman belajar yang aktif, kontekstual, interaktif, dan berorientasi pada proses ilmiah. Bahan ajar yang baik bukan sekadar buku digital, tetapi perangkat yang membimbing peserta didik dari pengamatan fenomena menuju pertanyaan, penyelidikan, pengumpulan dan analisis bukti, penyusunan penjelasan, komunikasi, dan refleksi. Teknologi digital dapat memperkuat proses tersebut melalui

multimedia, video, simulasi, e-LKPD, dokumentasi data, dan sarana kolaborasi.

Keberhasilan integrasi tersebut sangat bergantung pada kualitas desain pedagogis, kompetensi guru, kesiapan peserta didik, ketersediaan perangkat, akses jaringan, serta kesesuaian teknologi dengan tujuan pembelajaran. Oleh karena itu, pengembangan bahan ajar IPA sebaiknya mengikuti prinsip pedagogi lebih dahulu dan teknologi kemudian. Penelitian lanjutan dapat mengembangkan produk tertentu menggunakan model ADDIE dan menguji validitas, kepraktisan, serta efektivitasnya pada konteks sekolah dasar yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjani, P., & Usman, H. (2024). Analisis kebutuhan guru terhadap bahan ajar digital IPA berbasis Learning Cycle 5E di sekolah dasar. *ELSE (Elementary School Education Journal): Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sekolah Dasar*, 8(2). <https://doi.org/10.30651/else.v8i2.21063>
- Arifin, Z., Sukarmin, Saputro, S., & Kamari, A. (2025). The effect of inquiry-based learning on students' critical thinking skills in science education: A systematic review and meta-analysis. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(3), em2592.

- <https://doi.org/10.29333/ejmste/15988>
- Chen, F., & Chen, G. (2025). Technology-enhanced collaborative inquiry in K–12 classrooms: A systematic review of empirical studies. *Science & Education*, 34, 1731–1773.
<https://doi.org/10.1007/s11191-024-00538-8>
- Heindl, M. (2019). Inquiry-based learning and the pre-requisite for its use in science at school: A meta-analysis. *Journal of Pedagogical Research*, 3(2), 52–61.
<https://doi.org/10.33902/JPR.2019254160>
- Mahmudah, Q. N., Aszahra, Y. Z., Afkarina, N. I., & Prayogo, M. S. (2024). Penerapan pendekatan pembelajaran IPA berbasis inkuiri di tingkat sekolah dasar. *Pendidkas: Jurnal Pendidikan Dasar*, 5(2).
- Maharani, N. L. P. I., Suniasih, N. W., & Agustika, G. N. S. (2024). E-LKPD berbasis inkuiri pada muatan IPA materi cahaya dan sifatnya kelas V sekolah dasar. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Sains dan Humaniora*, 8(1), 60–68.
<https://doi.org/10.23887/jppsh.v8i1.77093>
- Masithah, I., Jufri, A. W., & Ramdani, A. (2022). Bahan ajar IPA berbasis inkuiri untuk meningkatkan literasi sains. *Journal of Classroom Action Research*, 4, 149–152.
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/9781316941355>
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. National Academy Press.
<https://doi.org/10.17226/9596>
- OECD. (2023). *OECD digital education outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem*. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/c74f03de-en>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71.
<https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Ramdani, A., & Syukur, A. (2025). Meningkatkan keterampilan proses sains siswa: Studi pembelajaran menggunakan bahan ajar IPA inkuiri terintegrasi kearifan lokal. *Journal of Classroom Action Research*, 6(1), 84–90.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339.
<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Strat, T. T. S., Henriksen, E. K., & Jegstad, K. M. (2024). Inquiry-based science education in science teacher education: A systematic review. *Studies in Science Education*, 60(2), 191–249.
<https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2207148>
- Utami, N., & Atmojo, I. R. W. (2021). Analisis kebutuhan bahan ajar digital dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(6), 6300–6306.
<https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i6.1716>
- Yun, M., & Crippen, K. J. (2024). The use of educational technology in inquiry-based elementary science education: A systematic review. *International Journal of Science Education*, 46(12), 1256–1279.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2284689>