



Perancangan Platform IPA Berbasis STEM sebagai Sarana Pembelajaran Multisensori untuk Sekolah Dasar Inklusif

Helmia Tasti Adri¹, Suwarjono², Anissa Mawardini³

^{1,3} Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Fakultas Agama Islam Dan Pendidikan Guru,
Universitas Djuanda

² Ilmu Komputer, Fakultas Sains, Teknologi dan Komunikasi
Universitas Muhammadiyah Bogor Raya

Volume 2 Nomor 4
Desember 2025: 483-497

Article History

Submission: 09-08-2025

Revised: 18-12-2025

Accepted: 18-12-2025

Published: 20-12-2025

Kata Kunci:

pendidikan inklusif,
pembelajaran IPA, pembelajaran
multisensori, perancangan
platform, STEM.

Keywords:

*inclusive education, multisensory
learning, platform design, science
learning, STEM.*

Korespondensi:

(Helmia Tasti Adri)

(Telp.-)

(helmifkip@unida.ac.id)

Abstrak: Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam di sekolah dasar inklusif memerlukan sarana yang mampu mengakomodasi perbedaan kemampuan, karakteristik sensorik, tingkat perhatian, dan kebutuhan dukungan peserta didik. Pembelajaran yang masih didominasi penjelasan verbal dan media visual sederhana berpotensi membatasi keterlibatan peserta didik, khususnya ketika konsep IPA bersifat abstrak dan memerlukan pengalaman langsung. Penelitian ini bertujuan merancang blueprint platform pembelajaran IPA berbasis Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) sebagai sarana pembelajaran multisensori untuk sekolah dasar inklusif. Penelitian menggunakan pendekatan perancangan konseptual dalam kerangka Educational Design Research yang dibatasi pada tahap analisis dan eksplorasi serta desain dan konstruksi. Sumber data diperoleh melalui kajian literatur integratif dan analisis dokumen kebijakan yang berkaitan dengan pendidikan inklusif, STEM, Universal Design for Learning, pembelajaran multisensori, tangible learning, dan technology-enhanced learning. Data dianalisis secara tematik dan dipetakan menjadi kebutuhan pedagogis, aksesibilitas, fungsional, dan operasional. Hasil penelitian mengidentifikasi enam kebutuhan utama, yaitu penyajian informasi multimodal, interaksi dengan objek konkret, aktivitas STEM terstruktur, bantuan belajar bertahap, kendali guru dan asesmen formatif, serta penggunaan platform secara modular tanpa ketergantungan penuh pada internet. Berdasarkan kebutuhan tersebut, dihasilkan blueprint platform yang terdiri atas lima lapisan, yaitu kebutuhan pengguna, desain pedagogis, konten dan aktivitas STEM, interaksi multisensori, serta layanan platform tertanam. Blueprint mengintegrasikan alat peraga fisik, identifikasi objek, audio interaktif, dukungan visual, serta aktivitas taktil dan kinestetik. Hasil perancangan ini selanjutnya dirumuskan



sebagai konsep Smart Science Platform yang menjadi dasar pengembangan prototipe pada penelitian berikutnya.

***Abstract:** Science learning in inclusive elementary schools requires learning facilities that can accommodate differences in students' abilities, sensory characteristics, attention levels, and support needs. Learning activities dominated by verbal explanations and simple visual media may restrict student participation, particularly when abstract science concepts require direct and concrete experiences. This study aimed to design a blueprint for a STEM-based science learning platform as a multisensory learning facility for inclusive elementary schools. The study employed a conceptual design approach within the Educational Design Research framework and was limited to the analysis and exploration phase and the design and construction phase. Data were obtained through an integrative literature review and policy document analysis concerning inclusive education, STEM, Universal Design for Learning, multisensory learning, tangible learning, and technology-enhanced learning. The data were thematically analyzed and translated into pedagogical, accessibility, functional, and operational requirements. The findings identified six primary requirements: multimodal information representation, interaction with concrete objects, structured STEM activities, progressive learning scaffolds, teacher control and formative assessment, and modular operation without full dependence on internet connectivity. Based on these requirements, a five-layer platform blueprint was developed, comprising user needs, pedagogical design, STEM content and activities, multisensory interaction, and embedded platform services. The blueprint integrates physical learning objects, object identification, interactive audio, visual support, and tactile-kinesthetic activities. The resulting design was subsequently formulated as the conceptual Smart Science Platform, which may serve as the foundation for prototype development in further research.*

PENDAHULUAN

Pendidikan inklusif memberikan kesempatan kepada seluruh peserta didik untuk memperoleh akses, berpartisipasi, dan berkembang dalam lingkungan pendidikan yang bermutu. Penyelenggaraan pendidikan inklusif tidak cukup dilakukan melalui penempatan peserta didik berkebutuhan khusus dalam kelas reguler, tetapi memerlukan

penyesuaian kurikulum, strategi pembelajaran, media, asesmen, sarana, dan dukungan pembelajaran. Dalam konteks Indonesia, penyediaan akomodasi yang layak bagi peserta didik penyandang disabilitas telah diatur melalui Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 2020 dan Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 48 Tahun 2023 (Kementerian Pendidikan,

Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, 2023; Pemerintah Republik Indonesia, 2020).

Akomodasi yang layak perlu diwujudkan dalam pengalaman belajar yang dapat diakses oleh peserta didik dengan karakteristik yang beragam. Pada jenjang sekolah dasar, peserta didik masih membutuhkan pembelajaran yang konkret, terstruktur, kontekstual, dan melibatkan interaksi langsung dengan objek. Kebutuhan tersebut menjadi semakin penting dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam karena sebagian konsep IPA sulit dipahami apabila hanya disampaikan melalui penjelasan verbal, teks, atau gambar.

Pembelajaran IPA pada dasarnya memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk membangun pengetahuan melalui pengamatan, penyelidikan, percobaan, pengukuran, pengujian, dan penarikan kesimpulan. Akan tetapi, pembelajaran IPA dapat menjadi kurang aksesibel apabila peserta didik tidak memperoleh kesempatan menyentuh, memanipulasi, membandingkan, menyusun, atau

menguji objek secara langsung. Peserta didik yang membutuhkan pengulangan instruksi, bahasa sederhana, dukungan visual, pengalaman taktil, atau aktivitas yang dibagi menjadi langkah-langkah pendek dapat mengalami kesulitan mengikuti pembelajaran yang terlalu abstrak.

Pendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics memberikan kerangka yang relevan untuk mengembangkan pembelajaran IPA melalui aktivitas penyelidikan dan pemecahan masalah. Integrasi STEM tidak hanya menyajikan empat disiplin ilmu secara berdampingan, tetapi menghubungkan konsep sains dan matematika dengan teknologi serta proses desain rekayasa untuk menyelesaikan permasalahan kontekstual (Kelley & Knowles, 2016). Proses desain dalam pembelajaran STEM memungkinkan peserta didik memahami masalah, mengembangkan alternatif solusi, membuat model, melakukan pengujian, memperbaiki rancangan, dan mengomunikasikan hasilnya (Hallström & Ankiewicz, 2023).

Meskipun demikian, implementasi STEM dalam kelas inklusif memerlukan perhatian terhadap aksesibilitas. Aktivitas STEM dapat melibatkan teks yang kompleks, instruksi panjang, representasi visual, kemampuan motorik, kerja kelompok, dan pengelolaan beberapa informasi secara bersamaan. Oleh karena itu, pembelajaran perlu menyediakan berbagai cara bagi peserta didik untuk memperoleh informasi, melakukan tindakan, berpartisipasi, dan menunjukkan pemahaman.

Universal Design for Learning dapat digunakan sebagai kerangka untuk mengurangi hambatan pembelajaran sejak tahap perancangan. UDL menekankan penyediaan berbagai cara representasi, berbagai cara tindakan dan ekspresi, serta berbagai cara keterlibatan (CAST, 2024). Penerapan UDL harus diterjemahkan secara konkret ke dalam bentuk instruksi, media, aktivitas, bantuan, dan asesmen, bukan hanya dicantumkan sebagai prinsip konseptual (Rao et al., 2014).

Salah satu penerapan prinsip tersebut adalah pembelajaran multisensori.

Pembelajaran multisensori memadukan informasi dan aktivitas melalui saluran visual, auditori, taktil, dan kinestetik. Penggunaan beberapa modalitas dapat meningkatkan keterlibatan dan membantu peserta didik membangun hubungan antara objek, tindakan, dan konsep apabila informasi yang diberikan saling mendukung dan tidak menimbulkan beban kognitif berlebihan (Shams & Seitz, 2008).

Interaksi multisensori juga dapat diperkuat melalui penggabungan objek fisik dengan informasi digital. Peserta didik dapat belajar melalui tindakan memilih, menyusun, memindahkan, memasang, mengukur, dan menguji objek, sedangkan teknologi digunakan untuk memberikan identifikasi, petunjuk, penjelasan, atau umpan balik. Pendekatan fisik-digital tersebut dapat mendukung pembelajaran aktif dan kolaboratif apabila fitur teknologi diselaraskan dengan tujuan serta perilaku belajar yang diharapkan (Price & Rogers, 2004; Torres et al., 2021).

Objek konkret juga dapat menjadi alternatif representasi bagi peserta didik yang mengalami kesulitan memahami

teks, simbol dua dimensi, atau instruksi verbal. Penelitian mengenai penggunaan tangible symbols menunjukkan bahwa benda konkret mempunyai potensi untuk mendukung komunikasi, pilihan, pemahaman, dan partisipasi sebagian individu dengan hambatan perkembangan, meskipun penggunaannya perlu disesuaikan dengan karakteristik peserta didik dan konteks pembelajaran (Roche et al., 2014).

Berbagai teknologi telah digunakan dalam pembelajaran anak berkebutuhan khusus, seperti aplikasi digital, permainan edukatif, multimedia, sensor gerak, dan perangkat interaktif. Akan tetapi, kecanggihan teknologi tidak secara otomatis menghasilkan pembelajaran yang inklusif. Gallud et al. (2023) menunjukkan bahwa teknologi pembelajaran bagi anak berkebutuhan khusus sangat beragam dalam hal pengguna, tujuan, perangkat, dan hasil yang diukur. Oleh sebab itu, perancangan sebaiknya dimulai dari kebutuhan pembelajaran dan

aksesibilitas, bukan dari perangkat yang hendak digunakan.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan perancangan platform pembelajaran IPA yang mampu mengintegrasikan pendekatan STEM, pengalaman multisensori, objek konkret, dukungan digital, serta kendali guru dalam satu kesatuan desain. Istilah platform dalam penelitian ini tidak menunjuk pada satu bentuk perangkat tertentu, tetapi pada kesatuan antara desain pedagogis, materi, aktivitas, objek pembelajaran, mekanisme interaksi, bantuan belajar, dan layanan teknologi pendukung.

Penelitian ini bertujuan: pertama, mengidentifikasi kebutuhan dan prinsip perancangan platform IPA berbasis STEM sebagai sarana pembelajaran multisensori di sekolah dasar inklusif; dan kedua, menghasilkan blueprint pedagogis dan fungsional yang dapat menjadi dasar pengembangan prototipe pada penelitian berikutnya. Penelitian tidak mengembangkan maupun menguji Smart Science Box. Nama konseptual platform baru dirumuskan setelah

proses analisis dan perancangan menghasilkan blueprint yang utuh.

tersebut menjadi blueprint platform pembelajaran.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan perancangan konseptual dalam kerangka Educational Design Research. Pendekatan tersebut dipilih karena memungkinkan peneliti menghubungkan analisis permasalahan pendidikan dengan penyusunan solusi desain yang dapat dikembangkan dan dievaluasi lebih lanjut. Educational Design Research mencakup tahap analisis dan eksplorasi, desain dan konstruksi, serta evaluasi dan refleksi (McKenney & Reeves, 2019).

Penelitian ini dibatasi pada dua tahap pertama, yaitu:

- ✓ **analisis dan eksplorasi**, untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran, prinsip aksesibilitas, karakteristik STEM, dan bentuk interaksi multisensori; serta
- ✓ **desain dan konstruksi konseptual**, untuk menerjemahkan kebutuhan

Penelitian belum menghasilkan prototipe operasional sehingga tidak melakukan pengujian efektivitas, kepraktisan, ataupun peningkatan hasil belajar. Evaluasi yang dimaksud dalam penelitian ini hanya berupa pemeriksaan konseptual terhadap keterlacakan antara kebutuhan, prinsip desain, fungsi platform, dan aktivitas pembelajaran.

Data penelitian diperoleh melalui kajian literatur integratif dan analisis dokumen kebijakan. Sumber ilmiah meliputi artikel jurnal, kajian sistematis, buku akademik, dan dokumen kelembagaan yang membahas: pendidikan inklusif; pembelajaran IPA sekolah dasar; integrated STEM; Universal Design for Learning; pembelajaran multisensori; tangible learning; physical-digital interaction; teknologi pembelajaran bagi anak berkebutuhan khusus; dan Educational Design Research.

Kajian integratif digunakan karena penelitian menggabungkan perspektif pendidikan, aksesibilitas, media pembelajaran, interaksi peserta didik, dan teknologi. Kajian tersebut memungkinkan berbagai bentuk pengetahuan dianalisis untuk menghasilkan kerangka konseptual yang lebih menyeluruh (Snyder, 2019; Whittemore & Knafl, 2005).

Penelitian tahap ini tidak menggunakan kuesioner untuk menguji atau menilai produk tertentu. Kuesioner, wawancara, observasi, diskusi kelompok terarah, dan penilaian ahli dapat digunakan pada penelitian lanjutan untuk menguji kesesuaian blueprint dengan kebutuhan sekolah.

Data dianalisis menggunakan analisis tematik. Analisis dilakukan melalui pembacaan sumber, pemberian kode awal, pengelompokan kode, pembentukan tema, peninjauan tema, serta perumusan kebutuhan desain (Braun & Clarke, 2006).

Hasil pengodean dikelompokkan ke dalam empat domain:

1. kebutuhan pedagogis;
2. kebutuhan aksesibilitas;
3. kebutuhan fungsional; dan
4. kebutuhan operasional.

Setiap kebutuhan kemudian diterjemahkan menjadi prinsip dan komponen desain menggunakan matriks keterlacakan. Matriks tersebut menghubungkan kebutuhan pengguna, tujuan pembelajaran, aktivitas STEM, bentuk dukungan multisensori, fungsi teknologi, dan peran guru.

Prosedur Perancangan dilakukan melalui tahapan:

1. mengidentifikasi hambatan pembelajaran IPA di kelas inklusif;
2. merumuskan kebutuhan pedagogis dan aksesibilitas;
3. menetapkan prinsip pembelajaran STEM dan multisensori;
4. menerjemahkan prinsip menjadi fungsi platform;

5. menyusun lapisan blueprint;
6. merancang alur interaksi pembelajaran; dan
7. memberikan identitas konseptual terhadap blueprint yang dihasilkan.
4. bantuan belajar secara bertahap;
5. kendali guru dan asesmen formatif; serta
6. operasional modular yang tidak bergantung penuh pada internet.

Hasil penelitian berupa blueprint pedagogis dan fungsional, bukan rancangan teknik perangkat keras. Penentuan jenis processor, bentuk wadah, ukuran layar, tata letak elektronik, atau kapasitas komputasi merupakan bagian dari tahap pengembangan prototipe berikutnya.

HASIL & PEMBAHASAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa platform pembelajaran IPA untuk sekolah dasar inklusif perlu memenuhi enam kebutuhan utama:

1. penyajian informasi melalui berbagai modalitas;
2. penggunaan objek konkret dan manipulatif;
3. aktivitas STEM yang terstruktur;

Tabel 1. Kebutuhan dan implikasi perancangan platform

Kebutuhan pembelajaran	Implikasi pedagogis	Implikasi desain
Konsep IPA sulit dipahami secara abstrak	Konsep perlu disajikan melalui pengalaman konkret	Alat peraga fisik dan objek manipulatif
Kemampuan memahami instruksi beragam	Informasi perlu diberikan dalam beberapa bentuk	Audio, ikon, teks sederhana, dan demonstrasi
Aktivitas STEM membutuhkan tahapan jelas	Kegiatan perlu disusun secara sistematis	Tahapan masalah, eksplorasi, desain, pengujian, dan refleksi
Peserta didik memerlukan tingkat bantuan berbeda	Platform perlu menyediakan scaffolding	Pengulangan, petunjuk tambahan, contoh, dan tingkat tantangan
Guru tetap menjadi pengelola pembelajaran	Teknologi harus dapat dikendalikan guru	Pemilihan materi, kontrol instruksi, dan catatan observasi
Infrastruktur sekolah beragam	Platform harus tetap berfungsi tanpa internet	Penyimpanan lokal dan desain modular

Prinsip Perancangan

Blueprint dirancang menggunakan enam prinsip:

1. Pedagogy-first

Komponen teknologi hanya dimasukkan apabila mempunyai fungsi pembelajaran yang jelas. Teknologi digunakan untuk mendukung aktivitas, bukan menjadi pusat atau tujuan pembelajaran.

2. Multisensory by design

Aktivitas mengintegrasikan visual, auditori, taktil, dan kinestetik secara relevan. Tidak semua modalitas harus digunakan secara bersamaan karena penggunaan stimulus yang berlebihan dapat mengganggu fokus peserta didik (Shams & Seitz, 2008).

3. Inclusive but configurable

Platform dapat digunakan bersama oleh peserta didik reguler dan peserta didik yang membutuhkan dukungan tambahan. Namun, guru tetap dapat mengatur bentuk bantuan, jumlah pilihan, tingkat kesulitan, dan cara peserta didik merespons.

4. Tangible and physical-digital interaction

Objek konkret menjadi bagian utama aktivitas, sedangkan teknologi digital memberikan identifikasi, informasi, dan umpan balik. Pendekatan ini mempertahankan karakter konkret pembelajaran IPA (Price & Rogers, 2004).

5. Structured STEM learning

Aktivitas disusun melalui orientasi masalah, eksplorasi konsep, perancangan solusi, pengujian, perbaikan, dan komunikasi hasil. Struktur tersebut menjaga agar STEM tidak direduksi menjadi sekadar penggunaan teknologi (Hallström & Ankiewicz, 2023; Kelley & Knowles, 2016).

6. Teacher-orchestrated platform

Guru menentukan tujuan, materi, bentuk bantuan, pengelompokan peserta didik, dan asesmen. Platform membantu melaksanakan kegiatan repetitif, tetapi tidak menggantikan keputusan pedagogis guru.

Blueprint yang dihasilkan terdiri atas lima lapisan.

Tabel 2. Lapisan blueprint platform pembelajaran IPA

Lapisan	Komponen	Fungsi
Kebutuhan pengguna	Karakteristik peserta didik, kebutuhan guru, tujuan kurikulum	Menentukan tujuan, hambatan, dan bentuk dukungan
Desain pedagogis	STEM, UDL, multisensori, scaffolding, asesmen formatif	Menjadi dasar aktivitas dan interaksi
Konten dan aktivitas	Materi IPA, masalah kontekstual, alat peraga, tantangan	Menyediakan pengalaman eksplorasi dan desain
Interaksi multisensori	Audio, visual, objek taktil, gerak, identifikasi objek	Menghubungkan tindakan fisik dengan informasi
Layanan platform	Penyimpanan lokal, kendali guru, pemetaan konten, pencatatan	Menjalankan dan mengelola aktivitas pembelajaran

Lapisan pertama memastikan bahwa desain dimulai dari karakteristik pengguna dan kebutuhan belajar. Lapisan kedua menerjemahkan kebutuhan tersebut menjadi strategi

pedagogis. Lapisan ketiga berisi materi dan aktivitas STEM. Lapisan keempat mengatur interaksi multisensori. Lapisan kelima menyediakan layanan teknologi untuk menjalankan aktivitas.



Gambar 1. Alur konseptual platform

Alur tersebut menunjukkan bahwa teknologi identifikasi objek hanya berfungsi sebagai penghubung antara alat peraga dengan informasi. Inti kegiatan tetap berupa pengamatan, penyelidikan, desain, pengujian, dan komunikasi.

Integrasi Multisensori

Interaksi visual diterapkan melalui ikon, gambar, simbol, warna fungsional, dan teks sederhana. Dukungan auditori diberikan melalui instruksi, penjelasan, pertanyaan, dan umpan balik yang dapat diulang. Aktivitas taktil dan kinestetik dilakukan melalui kegiatan menyentuh, mengambil, memindahkan, menyusun, memasang, mengukur, dan menguji objek.

Penggunaan objek konkret dapat membantu peserta didik membangun hubungan antara benda, tindakan, dan makna. Akan tetapi, bentuk dan tingkat dukungan tetap perlu disesuaikan dengan karakteristik individual peserta didik (Roche et al., 2014).

Tabel 3. Implementasi UDL dalam platform	
Prinsip UDL	Implementasi
Berbagai cara representasi	Audio, objek konkret, gambar, ikon, teks sederhana, dan demonstrasi
Berbagai cara tindakan dan ekspresi	Menyusun objek, melakukan percobaan, menjawab lisan, menggambar, menunjuk, atau mendemonstrasikan
Berbagai cara keterlibatan	Pilihan aktivitas, tantangan bertingkat, kolaborasi, dan kesempatan mencoba kembali

Dukungan fungsi eksekutif	Tujuan yang jelas, petunjuk bertahap, indikator progres, dan kontrol guru
Pengurangan hambatan	Penggunaan offline, pengulangan instruksi, simbol konsisten, dan alternatif interaksi

Penerapan UDL tidak berarti setiap peserta didik harus melakukan aktivitas yang berbeda. Tujuan pembelajaran dapat tetap sama, tetapi cara mengakses informasi, melakukan tindakan, serta menunjukkan hasil dibuat lebih fleksibel (CAST, 2024; Rao et al., 2014).

Setelah seluruh kebutuhan, prinsip, lapisan, dan alur interaksi berhasil dirumuskan, blueprint tersebut menunjukkan karakteristik sebagai platform pembelajaran IPA yang:

- mengintegrasikan aktivitas STEM;
- menggunakan pengalaman multisensori;
- menghubungkan objek fisik dengan konten digital;
- menyediakan bantuan bertahap;
- mendukung kendali guru;
- dapat digunakan secara modular dan offline; serta

- dapat dikembangkan menuju pembelajaran adaptif.

Berdasarkan karakteristik tersebut, blueprint yang dihasilkan dalam penelitian ini selanjutnya diberi identitas konseptual **Smart Science Platform**.

Nama tersebut digunakan untuk merepresentasikan kesatuan antara desain pedagogis, aktivitas IPA berbasis STEM, interaksi multisensori, objek pembelajaran konkret, dan layanan teknologi pendukung. Smart Science Platform pada tahap penelitian ini masih berupa blueprint konseptual dan belum diwujudkan dalam bentuk produk tertentu.

Istilah **box** tidak digunakan karena penelitian belum menentukan bentuk fisik final platform. Bentuk kotak penyimpanan, perangkat portabel, perangkat meja, atau konfigurasi lain baru dapat ditetapkan setelah dilakukan analisis kebutuhan lapangan, perancangan teknik, pengembangan prototipe, dan pengujian bersama pengguna.

Arah Pengembangan Berikutnya

Blueprint Smart Science Platform dapat dikembangkan secara bertahap.

Tahap pertama berupa platform interaktif tertanam yang menjalankan fungsi identifikasi objek, audio lokal, indikator visual, dan kontrol fisik sederhana.

Tahap kedua dapat menggunakan single-board computer untuk mendukung antarmuka multimedia, pengelolaan materi, penyimpanan aktivitas, dan panel guru.

Tahap ketiga dapat mengintegrasikan Edge AI, pengenalan suara, profil pembelajaran, dan Small Language Model untuk mengembangkan interaksi adaptif. Pengembangan tersebut merupakan arah penelitian lanjutan dan bukan bagian yang telah diuji dalam penelitian ini.

Keterbatasan Penelitian

Blueprint dihasilkan melalui kajian literatur dan analisis dokumen sehingga belum sepenuhnya menggambarkan kondisi sekolah tertentu. Penelitian ini juga belum melakukan penilaian ahli, pengembangan prototipe, uji kepraktisan, maupun pengujian efektivitas.

Penelitian berikutnya perlu melibatkan guru kelas, Guru Pendamping Khusus, kepala sekolah, peserta didik, dan ahli terkait untuk:

- memvalidasi kebutuhan;
- menilai relevansi blueprint;
- menentukan bentuk fisik platform;
- mengembangkan prototipe;
- menguji aksesibilitas dan keamanan;
- mengevaluasi kepraktisan; serta
- menguji dampak pembelajaran.

SIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan *blueprint* platform pembelajaran IPA berbasis Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) sebagai sarana pembelajaran multisensori untuk sekolah dasar inklusif. Perancangan dilakukan dengan menempatkan kebutuhan peserta didik, tujuan pembelajaran, aksesibilitas, dan peran guru sebagai dasar utama sebelum menentukan bentuk teknologi yang digunakan. Hasil analisis menghasilkan enam kebutuhan utama, yaitu penyajian informasi secara multimodal, penggunaan objek konkret dan

manipulatif, aktivitas STEM yang terstruktur, bantuan belajar bertahap, kendali guru dan asesmen formatif, serta pengoperasian platform secara modular tanpa ketergantungan penuh pada internet.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, *blueprint* platform disusun dalam lima lapisan yang meliputi kebutuhan pengguna dan konteks pembelajaran inklusif, desain pedagogis, konten dan aktivitas STEM, interaksi multisensori, serta layanan platform. Kelima lapisan tersebut membentuk alur pembelajaran yang menghubungkan masalah kontekstual, interaksi dengan objek konkret, penyajian informasi melalui audio dan visual, aktivitas eksplorasi, perancangan dan pengujian solusi, komunikasi hasil, serta asesmen formatif. Teknologi identifikasi objek, audio interaktif, dukungan visual, dan aktivitas taktil-kinestetik ditempatkan sebagai sarana untuk mendukung proses pembelajaran, bukan sebagai tujuan utama pengembangan platform.

Karakteristik yang dihasilkan menunjukkan bahwa platform memiliki potensi untuk mendukung

pembelajaran IPA yang lebih konkret, interaktif, fleksibel, dan aksesibel bagi peserta didik dengan kebutuhan belajar yang beragam. Atas dasar karakteristik tersebut, *blueprint* yang dihasilkan selanjutnya diberi identitas konseptual *Smart Science Platform*. Penamaan ini merupakan hasil akhir dari proses analisis dan perancangan, bukan nama produk yang telah ditetapkan sejak awal penelitian.

Penelitian ini masih terbatas pada tahap analisis, eksplorasi, dan perancangan konseptual sehingga belum menghasilkan prototipe fisik maupun bukti mengenai kelayakan, kepraktisan, dan efektivitas platform. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu melakukan analisis kebutuhan lapangan yang melibatkan guru kelas, Guru Pendamping Khusus, kepala sekolah, dan peserta didik, dilanjutkan dengan penilaian ahli, pengembangan prototipe, pengujian aksesibilitas dan keamanan, serta evaluasi kepraktisan dan dampak pembelajaran. Pengembangan bentuk fisik tertentu, termasuk bentuk portabel atau *box*, serta integrasi pembelajaran adaptif berbasis

Edge AI dan Small Language Model ditempatkan sebagai tahap hilirisasi berikutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kepala Sekolah, guru, serta seluruh siswa kelas V SDN Cisaat Gadis yang telah bersedia menjadi responden dan memberikan dukungan selama proses pengumpulan data. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berarti dalam penyusunan penelitian ini. Tidak lupa, penulis menghargai peran keluarga dan rekan-rekan sejawat yang telah memberikan semangat dan bantuan selama proses penulisan artikel ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101.
- CAST. (2024). *CAST Universal Design for Learning guidelines version 3.0*. <https://udlguidelines.cast.org/>
- Gallud, J. A., Carreño, M., Tesoriero, R., Sandoval, A., Lozano, M. D., Durán, I., Penichet, V. M. R., & Cosio, R. (2023). Technology-enhanced and game based learning for children with

- special needs: A systematic mapping study. *Universal Access in the Information Society*, 22, 227–240.
- Hallström, J., & Ankiewicz, P. (2023). Design as the basis for integrated STEM education: A philosophical framework. *Frontiers in Education*, 8, Article 1078313.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, Article 11.
- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia. (2023). *Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 48 Tahun 2023 tentang Akomodasi yang Layak untuk Peserta Didik Penyandang Disabilitas pada Satuan Pendidikan Anak Usia Dini Formal, Pendidikan Dasar, Pendidikan Menengah, dan Pendidikan Tinggi*. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/285711/permendikbudriset-no-48-tahun-2023>
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2019). *Conducting educational design research* (2nd ed.). Routledge.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2020). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2020 tentang Akomodasi yang Layak untuk Peserta Didik Penyandang Disabilitas*. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/132596/pp-no-13-tahun-2020>
- Price, S., & Rogers, Y. (2004). Let's get physical: The learning benefits of interacting in digitally augmented physical spaces. *Computers & Education*, 43(1–2), 137–151.
- Rao, K., Ok, M. W., & Bryant, B. R. (2014). A review of research on Universal Design educational models. *Remedial and Special Education*, 35(3), 153–166.
- Roche, L., Sigafoos, J., Lancioni, G. E., O'Reilly, M. F., Green, V. A., Sutherland, D., van der Meer, L., Schlosser, R. W., Marschik, P. B., & Edrisinha, C. D. (2014). Tangible symbols as an AAC option for individuals with developmental disabilities: A systematic review of intervention studies. *Augmentative and Alternative Communication*, 30(1), 28–39.
- Shams, L., & Seitz, A. R. (2008). Benefits of multisensory learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(11), 411–417.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339.
- Torres, P. E., Ulrich, P. I. N., Cucuiat, V., Cukurova, M., Fercovic de la Presa, M. C., Luckin, R., Carr, A., Dylan, T., Durrant, A., Vines, J., & Lawson, S. (2021). A systematic review of physical–digital play technology and developmentally relevant child behaviour. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 30, Article 100323.
- Whittemore, R., & Knafl, K. (2005). The integrative review: Updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*, 52(5), 546–553.

