



Transformasi Pembelajaran Sains Anak Usia Dini di Abad ke-21: Tinjauan Sistematis tentang Strategi Pembelajaran yang Sesuai dengan Perkembangan Anak

Ketut Budiastira¹, Ahmad Syaikh²

^{1,2}Universitas Terbuka, Indonesia

Email: ¹ budiastira@ecampus.ut.ac.id ; ² ahmad.syaikh@ecampus.ut.ac.id

Abstrak

Tuntutan pendidikan abad ke-21 mengharuskan pembelajaran sains anak usia dini bergerak melampaui sekadar penyampaian materi menuju pengembangan rasa ingin tahu, literasi sains awal, kreativitas, dan disposisi pemecahan masalah. Pembelajaran sains dalam pendidikan anak usia dini (PAUD) memainkan peran fundamental dalam membentuk sikap anak terhadap belajar serta kesiapan mereka untuk terlibat dalam praktik ilmiah pada jenjang pendidikan berikutnya. Tinjauan konseptual ini mensintesis dan membandingkan penelitian internasional mengenai strategi pembelajaran sains anak usia dini yang selaras dengan prinsip-prinsip pembelajaran abad ke-21. Dengan menggunakan pendekatan tinjauan literatur sistematis kualitatif, penelitian ini menganalisis artikel jurnal internasional yang telah ditelaah sejawat (peer-reviewed) dan diterbitkan antara tahun 2015 hingga 2025. Tinjauan ini berfokus pada strategi pembelajaran yang sesuai dengan tahap perkembangan anak, meliputi inkuiri terbimbing berbasis bermain, kegiatan STEM awal, percakapan dan penjelasan ilmiah, eksplorasi berbasis model konkret, serta berpikir komputasional dasar. Temuan menunjukkan bahwa pembelajaran sains anak usia dini yang efektif dicirikan oleh eksplorasi terbimbing, konteks autentik, interaksi sosial, penyediaan perancah (scaffolding) eksplisit terhadap praktik ilmiah awal, serta integrasi teknologi yang terarah namun terbatas. Analisis komparatif mengungkapkan bahwa tidak ada satu pun strategi pembelajaran yang secara mandiri mampu menjangkau seluruh dimensi literasi sains awal. Sebaliknya, penggunaan berbagai strategi secara terintegrasi menghasilkan capaian yang paling kuat ketika diselaraskan dengan kebutuhan perkembangan dan konteks belajar anak. Penelitian ini memberikan implikasi pedagogis dan rekomendasi praktis bagi pendidik anak usia dini, pengembang kurikulum, dan pembuat kebijakan yang ingin memperkuat pembelajaran sains pada abad ke-21.

Kata Kunci: Berpikir Komputasional; Literasi Sains Awal; Pembelajaran Berbasis Inkuiri; Pembelajaran Sains; STEM pada Anak Usia Dini

Pendahuluan

Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD) memainkan peran fundamental dalam membentuk perkembangan kognitif, sosial, emosional, dan epistemik anak. Pada periode kritis ini, pembelajaran tidak diarahkan pada penguasaan materi akademik formal, melainkan pada penumbuhan rasa ingin tahu, eksplorasi, komunikasi, dan



pemaknaan melalui interaksi dengan lingkungan fisik dan sosial. Pada abad ke-21, perkembangan pesat dalam bidang sains, teknologi, dan masyarakat telah secara signifikan mengubah harapan terhadap pendidikan, termasuk pembelajaran sains dalam konteks anak usia dini (OECD, 2019).

Pendidikan sains pada usia dini semakin diakui penting untuk menumbuhkan literasi sains awal. Literasi sains awal merujuk pada kemampuan anak yang mulai berkembang untuk mengamati fenomena, mengajukan pertanyaan, mengenali pola, menyusun penjelasan sederhana, dan terlibat secara bermakna dengan lingkungannya (National Research Council (NRC), 2012). Berbagai penelitian secara konsisten menunjukkan bahwa pengalaman awal dengan sains memengaruhi sikap anak terhadap belajar dalam jangka panjang, kepercayaan diri mereka dalam terlibat dengan gagasan ilmiah, serta kesiapan mereka untuk pembelajaran sains formal berikutnya (Osborne et al., 2016). Oleh karena itu, kualitas strategi pembelajaran yang digunakan dalam pembelajaran sains anak usia dini memiliki implikasi jangka panjang terhadap lintasan pendidikan anak.

Anak-anak usia dini pada masa kini tumbuh dalam dunia yang semakin kompleks dan dimediasi secara digital. Banyak anak kecil saat ini terpapar teknologi digital, media visual, dan platform interaktif sejak usia dini, yang membentuk cara mereka mempersepsi, memproses, dan terlibat dengan informasi (Chardonens, 2025). Kondisi ini mendorong para pendidik dan peneliti untuk mempertimbangkan kembali bagaimana strategi pembelajaran seharusnya dirancang agar tetap sesuai dengan tahap perkembangan anak sekaligus merespons tuntutan pembelajaran abad ke-21. Penting untuk dicatat bahwa paparan dini terhadap teknologi tidak serta-merta menunjukkan kesiapan anak untuk penalaran ilmiah yang formal atau abstrak. Sebaliknya, hal ini menegaskan perlunya lingkungan belajar yang dimediasi secara cermat, yang menyeimbangkan eksplorasi, bermain, dan inkuiri terbimbing.

Kerangka pendidikan internasional menekankan pentingnya kompetensi dasar dalam pembelajaran usia dini. OECD Learning Compass 2030 menyoroti rasa ingin tahu, agensi, kreativitas, dan tanggung jawab sebagai disposisi esensial yang perlu dipupuk sejak usia dini (OECD, 2019). Demikian pula, Framework for K–12 Science Education memosisikan praktik ilmiah seperti mengajukan pertanyaan, mengembangkan model, dan menyusun penjelasan sebagai inti pembelajaran sains di sepanjang jenjang pendidikan, termasuk usia dini ketika disesuaikan dengan tingkat perkembangan anak (NRC, 2012). Perspektif-perspektif ini menegaskan perlunya strategi pembelajaran yang secara aktif melibatkan anak dalam praktik ilmiah, bukan sekadar paparan pasif terhadap informasi.

Pembelajaran berbasis bermain telah lama ditetapkan sebagai fondasi pedagogis pendidikan anak usia dini. Melalui bermain, anak secara aktif mengeksplorasi lingkungannya, memanipulasi objek, menegosiasikan makna dengan teman sebaya, dan mengembangkan keterampilan bahasa serta penalaran (Hmelo-Silver et al., 2007). Dalam pembelajaran sains, inkuiri berbasis bermain memungkinkan anak menyelidiki fenomena alam melalui pengalaman langsung yang selaras dengan perkembangan kognitif dan sosio-emosional mereka.



Penelitian menunjukkan bahwa pendekatan berorientasi inkuiri meningkatkan keterlibatan dan pemahaman konseptual ketika didukung oleh perancah yang tepat dan bimbingan orang dewasa (Urdanivia Alarcon et al., 2023).

Sejalan dengan itu, pendidikan STEM usia dini semakin mendapat perhatian dalam wacana penelitian dan kebijakan internasional. STEM pada anak usia dini tidak melibatkan pengajaran disiplin formal, melainkan pengalaman terintegrasi berbasis bermain yang mendorong pemecahan masalah, kreativitas, dan kolaborasi (English, 2016). Kegiatan seperti membangun struktur, mengelompokkan objek, mengamati perubahan, dan merancang solusi sederhana memberikan konteks yang bermakna bagi pembelajaran sains awal. Studi meta-analisis dan tinjauan menunjukkan bahwa pengalaman STEM yang sesuai dengan tahap perkembangan mendukung motivasi dan keterampilan kognitif dasar ketika tujuan pembelajaran dirumuskan secara jelas (Kwon & Lee, 2025).

Dimensi penting lain dalam pembelajaran sains anak usia dini adalah pengembangan percakapan dan penjelasan ilmiah. Meskipun argumentasi ilmiah formal mungkin belum sesuai dengan tahap perkembangan anak, penelitian menunjukkan bahwa anak usia dini mampu menjelaskan hasil pengamatan, membandingkan gagasan, dan membenarkan klaim sederhana ketika didukung melalui interaksi dialogis (Berland & McNeill, 2010; Jin, 2022). Praktik-praktik penjelasan awal ini menjadi fondasi bagi penalaran ilmiah dan pemahaman epistemik di kemudian hari, sekaligus menegaskan pentingnya wacana kelas dalam pembelajaran sains usia dini.

Eksplorasi berbasis model lebih lanjut mendukung perkembangan konseptual anak dengan mendorong mereka merepresentasikan fenomena melalui gambar, konstruksi fisik, gestur, dan simulasi sederhana. Model berfungsi sebagai alat kognitif yang membantu anak menghubungkan pengamatan konkret dengan penjelasan yang mulai terbentuk (Schwarz et al., 2009). Di tengah semakin kuatnya konsensus mengenai nilai penting STEM dan pembelajaran berbasis inkuiri sejak usia dini, bidang ini menghadapi ketegangan konseptual dan empiris yang signifikan sehingga mempersulit penerapannya. Persoalan utama terletak pada hasil penelitian yang saling bertentangan mengenai efektivitas sesungguhnya dari intervensi-intervensi ini; sementara sebagian penelitian menyoroti peningkatan kognitif yang substansial, penelitian lain menunjukkan bahwa tanpa pelatihan guru yang sangat khusus, pendekatan semacam ini gagal menghasilkan peningkatan penalaran ilmiah yang terukur. Selain itu, keterbatasan pendekatan STEM pada usia dini semakin terlihat jelas, karena dorongan untuk berpikir “disipliner” yang terintegrasi dapat secara tidak sengaja mengaburkan sifat holistik dan berbasis bermain dari PAUD, yang berpotensi memaksakan struktur kaku pada tahap perkembangan yang justru membutuhkan eksplorasi yang luwes. Persoalan ini semakin diperparah oleh generalisasi yang berlebihan terhadap temuan global, di mana kerangka kerja yang dikembangkan dalam konteks Barat dengan sumber daya tinggi diterapkan sebagai solusi universal tanpa mempertimbangkan realitas



budaya, bahasa, dan material dari beragam latar pendidikan. Akibatnya, tantangan yang dihadapi bukan sekadar mengidentifikasi “apa yang berhasil,” melainkan mengatasi ketidaksesuaian antara model STEM global yang ideal dengan keterbatasan praktis dan pedagogis lingkungan anak usia dini.

Belakangan ini, integrasi berpikir komputasional (*computational thinking/CT*) ke dalam pendidikan sains anak usia dini muncul sebagai area yang semakin diminati. Berpikir komputasional pada anak usia dini tidak melibatkan pemrograman atau coding, melainkan praktik dasar seperti pengurutan (*sequencing*), pengenalan pola, dekomposisi, dan penalaran logis (Wing, 2006). Penelitian menunjukkan bahwa CT dapat disematkan secara bermakna dalam kegiatan sains usia dini melalui tugas unplugged dan kegiatan representasional yang sesuai dengan tingkat perkembangan anak (Arik & Topçu, 2022; Yang et al., 2024).

Meskipun terdapat semakin banyak penelitian internasional mengenai pembelajaran sains anak usia dini, literatur yang ada masih terfragmentasi. Banyak penelitian berfokus pada satu strategi pembelajaran tunggal tanpa mengkaji bagaimana berbagai pendekatan dapat dipadukan secara koheren. Selain itu, beberapa strategi pembelajaran diadaptasi dari konteks pendidikan dasar tanpa mempertimbangkan secara memadai kesesuaian dengan tahap perkembangan pada latar PAUD. Kesenjangan ini menegaskan perlunya tinjauan integratif yang mensintesis penelitian internasional mengenai strategi pembelajaran sains anak usia dini dalam kerangka abad ke-21.

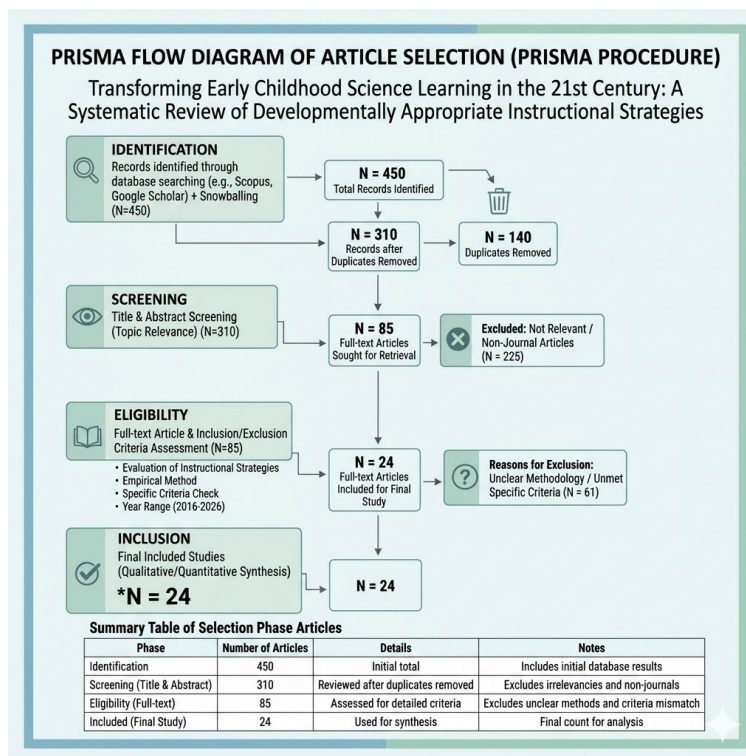
Untuk mengisi kesenjangan tersebut, penelitian ini melakukan tinjauan konseptual komparatif terhadap penelitian internasional mengenai strategi pembelajaran untuk pendidikan sains anak usia dini. Tujuan penelitian ini mencakup tiga hal: (1) mengidentifikasi strategi pembelajaran dominan yang disoroti dalam penelitian internasional terkini; (2) mengkaji bagaimana strategi-strategi tersebut mendukung literasi sains awal dan kompetensi abad ke-21; serta (3) mensintesis pertimbangan implementasi bagi pembelajaran sains yang sesuai dengan tahap perkembangan anak dalam PAUD.

Dengan menyajikan sintesis komprehensif dari penelitian internasional, penelitian ini bertujuan untuk berkontribusi pada wacana yang sedang berlangsung mengenai reformasi pendidikan sains anak usia dini. Temuan penelitian ini diharapkan dapat memberi masukan bagi pendidik, pengembang kurikulum, dan pembuat kebijakan yang ingin merancang lingkungan pembelajaran sains yang menarik, berkeadilan, dan responsif terhadap tuntutan abad ke-21, sekaligus tetap berpijak kuat pada prinsip-prinsip pedagogis anak usia dini.

Metode

Penelitian ini menggunakan desain tinjauan literatur sistematis kualitatif untuk mensintesis dan membandingkan penelitian internasional mengenai strategi pembelajaran untuk pendidikan sains anak usia dini yang selaras dengan tuntutan

pembelajaran abad ke-21. Pendekatan tinjauan sistematis dipilih untuk menjamin ketelitian metodologis, transparansi, dan keterulangan (replicability) dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan mensintesis penelitian yang relevan (Boote & Beile, 2005; Snyder, 2019). Mengingat sifat konseptual dari penelitian ini, tinjauan difokuskan pada identifikasi pola pembelajaran dominan, rasional pedagogis, dan pertimbangan implementasi, alih-alih melakukan meta-analisis statistik.



Gambar 1. Prosedur PRISMA

Artikel jurnal yang telah ditelaah sejawat diperoleh dari basis data akademik internasional utama, termasuk Scopus, Web of Science, ERIC, ScienceDirect, dan Google Scholar. Basis data ini dipilih untuk memastikan cakupan penelitian berkualitas tinggi yang luas dalam bidang pendidikan anak usia dini, pendidikan sains, dan teknologi pendidikan.

Proses pencarian dilakukan menggunakan kombinasi kata kunci yang berkaitan dengan pembelajaran sains anak usia dini dan strategi pembelajaran. Kata kunci inti yang digunakan meliputi early childhood science education, early scientific literacy, inquiry-based learning, play-based learning, STEM in early childhood, scientific explanation, model-based inquiry, dan computational thinking. Operator Boolean (AND/OR) digunakan untuk memperhalus pencarian dan menjangir penelitian yang membahas berbagai dimensi pembelajaran. Daftar referensi dari artikel tinjauan yang relevan juga ditelaah untuk mengidentifikasi penelitian tambahan yang tidak terjaring melalui pencarian basis data.



Untuk menjamin relevansi dan kualitas, studi dipilih berdasarkan kriteria inklusi berikut: 1) diterbitkan antara tahun 2015 dan 2025, guna mencerminkan konteks penelitian dan kebijakan kontemporer; 2) berfokus pada pendidikan anak usia dini atau konteks jenjang dasar dengan keterkaitan konseptual yang jelas terhadap PAUD; 3) mengkaji strategi pembelajaran yang berkaitan dengan pembelajaran sains, literasi sains awal, atau kompetensi abad ke-21; dan 4) melaporkan temuan empiris, tinjauan sistematis, atau meta-analisis yang diterbitkan dalam jurnal yang ditelaah sejawat.

Studi dikeluarkan (dieksklusi) apabila: 1) berfokus semata-mata pada pendidikan menengah atau tinggi tanpa relevansi perkembangan terhadap anak usia dini; 2) membahas pembelajaran sains semata-mata sebagai penyampaian materi tanpa analisis pedagogis; atau 3) tidak memiliki transparansi metodologis yang memadai.

Studi terpilih dianalisis menggunakan pengodean tematik (thematic coding) dan sintesis komparatif. Setiap artikel diberi kode berdasarkan: 1) strategi pembelajaran (misalnya, inkuiri berbasis bermain, kegiatan STEM, pemodelan, percakapan ilmiah, berpikir komputasional); 2) rasional pedagogis dan landasan teoretis; 3) capaian belajar yang ditargetkan terkait literasi sains awal dan kompetensi abad ke-21; serta (4) kondisi implementasi yang dilaporkan, termasuk perancah guru, konteks pembelajaran, dan pertimbangan perkembangan. Proses analisis melibatkan pembacaan dan perbandingan berulang antarstudi untuk mengidentifikasi tema yang berulang, temuan yang konvergen, dan titik-titik perbedaan. Alih-alih memperlakukan strategi pembelajaran sebagai metode yang berdiri sendiri, sintesis ini menekankan bagaimana berbagai pendekatan saling berinteraksi dan saling melengkapi dalam konteks anak usia dini.

Untuk memandu sintesis, dikembangkan sebuah kerangka analitis yang memosisikan inkuiri terbimbing berbasis bermain sebagai pendekatan pedagogis fondasional, dengan kegiatan STEM awal, percakapan dan penjelasan ilmiah, eksplorasi berbasis model, serta berpikir komputasional dasar berfungsi sebagai praktik pelengkap. Kerangka ini memungkinkan perbandingan sistematis antarstudi dan mendukung identifikasi prinsip praktik terbaik bagi pembelajaran sains anak usia dini yang sesuai dengan tahap perkembangan.

Untuk meningkatkan kredibilitas, tinjauan ini mengikuti prosedur seleksi yang transparan dan mengandalkan sumber yang telah ditelaah sejawat. Namun, sebagai tinjauan sistematis konseptual, penelitian ini tidak menyajikan estimasi ukuran efek (effect size) atau klaim kausal. Selain itu, meskipun tinjauan ini mengutamakan konteks anak usia dini, sebagian temuan diambil dari penelitian pada jenjang pendidikan dasar yang memiliki relevansi perkembangan yang jelas. Keterbatasan ini diakui dan diatasi melalui interpretasi hasil yang cermat.



Hasil

Tinjauan literatur sistematis ini mengungkapkan pola strategi pembelajaran yang konsisten ditekankan dalam penelitian internasional mengenai pendidikan sains anak usia dini yang selaras dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21. Di antara studi-studi yang ditinjau, yang diterbitkan antara tahun 2016 dan 2026, lima pendekatan pembelajaran utama secara berulang muncul sebagai pendekatan yang dominan dan sesuai dengan tahap perkembangan untuk konteks anak usia dini: inkuiri terbimbing berbasis bermain, kegiatan STEM awal, percakapan dan penjelasan ilmiah, eksplorasi berbasis model konkret, dan berpikir komputasional dasar.

Strategi-strategi ini dikaji pada berbagai konteks geografis, termasuk Amerika Utara, Eropa, dan kawasan Asia-Pasifik, yang menunjukkan penerapannya yang luas. Meskipun studi-studi tersebut bervariasi dalam desain penelitian dan konteks pembelajaran, ditemukan tingkat konvergensi yang tinggi mengenai prinsip-prinsip pedagogis yang mendasari pembelajaran sains anak usia dini yang efektif.

Secara keseluruhan, literatur yang ditinjau secara konsisten melaporkan hasil positif terkait keterlibatan anak, rasa ingin tahu, literasi sains awal, dan disposisi belajar ketika strategi pembelajaran ini diterapkan dengan perancah yang sesuai dan selaras dengan kebutuhan perkembangan. Namun, temuan juga menunjukkan bahwa efektivitas sangat dimediasi oleh kualitas desain pembelajaran, fasilitasi guru, dan kesiapan kontekstual, bukan oleh strategi pembelajaran itu sendiri.

Strategi Pembelajaran Dominan dan Hasil Belajar

Inkuiri terbimbing berbasis bermain muncul sebagai strategi fondasional yang paling sering dikutip. Studi-studi secara konsisten menyoroti bahwa inkuiri pada usia dini paling efektif ketika disematkan dalam bermain dan didukung oleh bimbingan orang dewasa. Anak-anak yang terlibat dalam inkuiri terbimbing menunjukkan tingkat rasa ingin tahu, perhatian yang bertahan lama, serta kemampuan membuat pengamatan dan penjelasan sederhana yang lebih tinggi. Kegiatan inkuiri yang terlalu terbuka atau tanpa perancah dilaporkan menghasilkan eksplorasi yang tidak terarah.

Kegiatan STEM awal, yang sering diterapkan melalui bermain berbasis desain dan tugas pemecahan masalah sederhana, terbukti mendukung kreativitas, kolaborasi, dan keterampilan pemecahan masalah awal. Studi-studi yang ditinjau menekankan bahwa STEM pada usia dini seharusnya mengutamakan proses dibandingkan produk, dengan tujuan pembelajaran yang berpusat pada eksplorasi dan eksperimentasi, bukan pada artefak yang telah selesai dibuat.

Percakapan dan penjelasan ilmiah mewakili dimensi pembelajaran penting lainnya. Meskipun argumentasi ilmiah formal belum sesuai dengan tahap perkembangan anak kecil, literatur secara konsisten menunjukkan bahwa anak mampu terlibat dalam penjelasan, perbandingan, dan pembenaran yang bermakna

ketika didukung melalui interaksi dialogis. Praktik-praktik ini ditemukan berkontribusi terhadap kesadaran epistemik awal dan perkembangan bahasa.

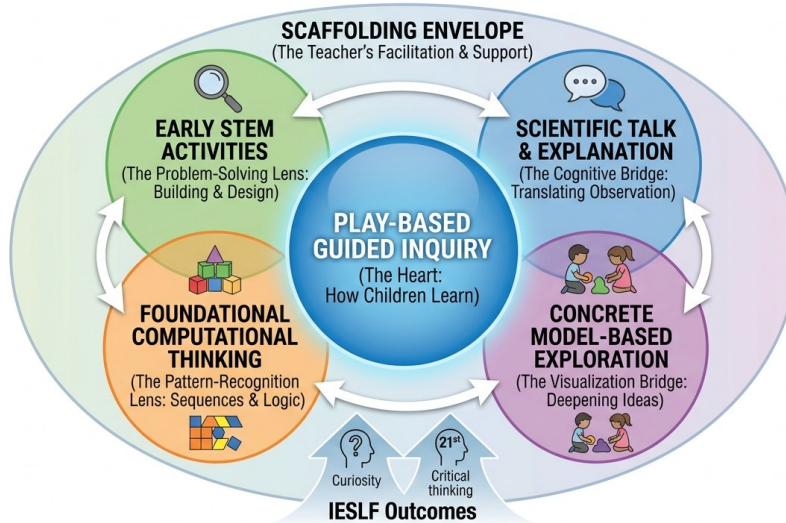
Eksplorasi berbasis model konkret sering dilaporkan efektif dalam mendukung koherensi konseptual. Melalui gambar, konstruksi fisik, gestur, dan representasi sederhana, anak mampu mengeksternalisasi pemikirannya dan merevisi gagasannya berdasarkan pengalaman. Studi-studi menekankan bahwa pemodelan hendaknya bersifat iteratif dan berakar pada pengalaman konkret.

Terakhir, berpikir komputasional dasar (computational thinking/CT) muncul sebagai pendekatan pembelajaran yang berkembang namun semakin menonjol. CT pada usia dini dikonseptualisasikan sebagai pengenalan pola, pengurutan, dekomposisi, dan penalaran logis yang disematkan dalam kegiatan bermain dan inkuiri. Studi-studi yang ditinjau menunjukkan bahwa CT meningkatkan pemikiran terstruktur dan pemecahan masalah ketika diintegrasikan secara alami ke dalam kegiatan sains.

Tabel 1. Ringkasan Komparatif Strategi Pembelajaran untuk Pembelajaran Sains Anak Usia Dini

Strategi Pembelajaran	Fokus Pedagogis Utama	Kompetensi Sains Awal yang Ditargetkan	Hasil Belajar yang Dilaporkan	Pertimbangan Implementasi Utama
Inkuiri Terbimbing Berbasis Bermain	Eksplorasi melalui bermain dengan perancah orang dewasa	Rasa ingin tahu, pengamatan, pengajuan pertanyaan	Peningkatan keterlibatan dan kebiasaan inkuiri awal	Bimbingan terstruktur, ajakan terbuka
Kegiatan STEM Awal	Pemecahan masalah terintegrasi melalui bermain	Kreativitas, kolaborasi, eksperimentasi	Peningkatan motivasi dan pemahaman terapan	Desain berfokus proses, tujuan pembelajaran yang jelas
Percakapan & Penjelasan Ilmiah	Interaksi dialogis dan pemaknaan	Penjelasan, perbandingan, pembenaran	Peningkatan bahasa dan kesadaran epistemik	Fasilitasi guru, wacana yang mendukung
Eksplorasi Berbasis Model Konkret	Representasi fenomena melalui model	Koherensi konseptual, kesadaran sistem	Pemahaman lebih dalam dan revisi gagasan	Pemodelan iteratif, keterkaitan dengan pengalaman
Berpikir Komputasional Dasar	Pola dan penalaran logis dalam konteks	Pemikiran terstruktur, pemecahan masalah	Peningkatan penalaran dan keterlibatan	Sesuai tahap perkembangan, sering unplugged

INTEGRATED EARLY SCIENCE LEARNING FRAMEWORK (IESLF)



Gambar 2. Model IESLF

Untuk mengatasi kesenjangan teoretis yang ada, penelitian ini mengusulkan Integrated Early Science Learning Framework (IESLF), sebuah model konseptual baru yang mensintesis kelima pilar yang teridentifikasi menjadi satu ekosistem pedagogis yang koheren. Alih-alih memandang strategi-strategi ini sebagai alat yang berdiri sendiri, IESLF memosisikan Inkuiri Terbimbing Berbasis Bermain sebagai inti sentral, yang berfungsi sebagai wahana utama untuk menggerakkan seluruh praktik ilmiah lainnya. Dalam kerangka ini, Percakapan Ilmiah dan Pemodelan Konkret berperan sebagai jembatan kognitif internal yang memungkinkan anak mengartikulasikan dan memvisualisasikan hasil eksplorasi mereka, sementara STEM Awal dan Berpikir Komputasional Dasar menyediakan lensa pemecahan masalah yang terstruktur serta pola logis yang diperlukan untuk literasi abad ke-21. IESLF menggambarkan bahwa kelima dimensi ini saling memperkuat satu sama lain: misalnya, pola komputasional meningkatkan ketepatan pemodelan, sementara percakapan dialogis menyempurnakan proses inkuiri. Dengan memetakan keterkaitan-keterkaitan ini, kerangka kerja tersebut memberikan peta jalan teoretis yang terpadu bagi pendidik untuk merancang lingkungan pembelajaran holistik, di mana rasa ingin tahu ditransformasikan secara sistematis menjadi pemahaman ilmiah dasar melalui perancah guru yang berkualitas tinggi.

Pembahasan

Temuan tinjauan sistematis ini memperkuat konsensus internasional yang semakin berkembang bahwa pembelajaran sains anak usia dini yang efektif pada abad ke-21 memerlukan keselarasan pedagogis yang sesuai dengan tahap perkembangan, bukan akselerasi akademik dini. Dominasi inkuiri terbimbing



berbasis bermain, kegiatan STEM awal, percakapan ilmiah, eksplorasi berbasis model, dan berpikir komputasional dasar mencerminkan pergeseran dalam memandang pembelajaran sains anak usia dini sebagai proses pemaknaan, eksplorasi, dan pembentukan disposisi, bukan penguasaan konsep formal.

Pertama, menonjolnya inkuiri terbimbing berbasis bermain sebagai strategi pembelajaran fondasional sangat selaras dengan teori belajar konstruktivis dan sosiokultural. Anak kecil belajar sains paling efektif ketika mereka terlibat aktif dalam eksplorasi dan didukung melalui perancah orang dewasa yang mengarahkan perhatian, pengajuan pertanyaan, dan refleksi. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menekankan bahwa inkuiri pada usia dini harus terstruktur dan dimediasi untuk mencegah eksplorasi yang tidak terarah dan beban kognitif berlebih. Hasil penelitian ini memperluas penelitian inkuiri sebelumnya dengan menunjukkan bahwa inkuiri tetap menjadi hal sentral dalam konteks anak usia dini ketika disematkan dalam bermain, bukan diperlakukan sebagai versi sederhana dari inkuiri pada jenjang pendidikan yang lebih tinggi.

Kedua, penekanan yang semakin meningkat pada kegiatan STEM awal menyoroti pentingnya pengalaman belajar interdisipliner dan autentik dalam pendidikan sains anak usia dini. Studi-studi yang ditinjau menunjukkan bahwa STEM di PAUD mendukung kreativitas, kolaborasi, dan pemecahan masalah ketika kegiatan dirancang berdasarkan proses, bukan produk. Temuan ini menjawab kekhawatiran dalam literatur bahwa pendekatan berbasis proyek dapat mengencerkan muatan ilmiah. Dalam konteks anak usia dini, nilai STEM tidak terletak pada penghasilan artefak yang canggih, melainkan pada keterlibatan anak dalam eksplorasi, eksperimentasi, dan pemikiran kolaboratif dalam konteks yang bermakna.

Ketiga, kemunculan yang konsisten dari percakapan dan penjelasan ilmiah menegaskan dimensi epistemik pembelajaran sains usia dini. Meskipun argumentasi ilmiah formal belum sesuai dengan tahap perkembangan anak, anak kecil mampu menjelaskan hasil pengamatan, membandingkan gagasan, dan membenarkan klaim sederhana ketika didukung melalui interaksi dialogis. Praktik-praktik ini menumbuhkan kesadaran epistemik awal dan perkembangan bahasa, memosisikan pembelajaran sains sebagai kegiatan sosial dan komunikatif. Temuan ini mendukung perspektif kontemporer yang memandang literasi sains awal berakar pada wacana dan pemaknaan bersama, bukan semata-mata pada kinerja kognitif individu.

Keempat, efektivitas eksplorasi berbasis model konkret memperkuat peran representasi dalam pembelajaran anak usia dini. Model seperti gambar, konstruksi fisik, dan gestur berfungsi sebagai alat kognitif yang membantu anak mengeksternalisasi dan merevisi pemikirannya. Studi-studi yang ditinjau menekankan bahwa pemodelan hendaknya bersifat iteratif dan terhubung erat dengan pengalaman langsung. Temuan ini selaras dengan penelitian yang memosisikan pemodelan sebagai praktik ilmiah inti yang mendukung koherensi konseptual dan pemikiran sistem, bahkan pada tahap perkembangan awal.



Terakhir, kemunculan berpikir komputasional dasar (CT) sebagai strategi pembelajaran mencerminkan pemahaman yang terus berkembang mengenai kompetensi abad ke-21 dalam pendidikan anak usia dini. Yang penting, literatur yang ditinjau mengonseptualisasikan CT bukan sebagai coding atau pemrograman, melainkan sebagai pengenalan pola, pengurutan, dan penalaran logis yang disematkan dalam bermain dan inkuiri. Temuan ini menantang asumsi bahwa berpikir komputasional tidak sesuai untuk anak kecil dan menunjukkan bahwa CT dapat meningkatkan pemecahan masalah terstruktur ketika diintegrasikan dengan cara yang sesuai dengan tahap perkembangan.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menunjukkan bahwa tidak ada satu pun strategi pembelajaran yang cukup untuk menjangkau tujuan pendidikan sains anak usia dini yang multifaset. Sebaliknya, temuan ini mendukung sebuah ekosistem pedagogis yang terintegrasi, di mana inkuiri terbimbing berbasis bermain berfungsi sebagai fondasi, sementara kegiatan STEM, percakapan ilmiah, pemodelan, dan berpikir komputasional berfungsi sebagai praktik pelengkap. Efektivitas pembelajaran secara konsisten dimediasi oleh fasilitasi guru, kualitas perancah, dan keselarasan dengan kebutuhan perkembangan anak.

Secara keseluruhan, temuan ini berkontribusi pada perdebatan yang sedang berlangsung dalam pendidikan sains anak usia dini dengan menunjukkan bahwa strategi pembelajaran abad ke-21 dapat diadaptasi secara bermakna untuk konteks PAUD tanpa mengorbankan kesesuaian dengan tahap perkembangan. Alih-alih mempercepat pembelajaran sains formal, pembelajaran sains anak usia dini yang efektif menumbuhkan rasa ingin tahu, keterlibatan, dan literasi sains awal melalui pendekatan pedagogis yang terintegrasi dan dirancang secara cermat.

Kesimpulan

Tinjauan sistematis konseptual ini mengkaji penelitian internasional mengenai strategi pembelajaran untuk pembelajaran sains anak usia dini dalam konteks tuntutan pendidikan abad ke-21. Temuan menunjukkan bahwa pembelajaran sains yang efektif dalam pendidikan anak usia dini (PAUD) tidak seharusnya diarahkan pada formalisasi akademik dini, melainkan pada pengembangan rasa ingin tahu, eksplorasi, dan literasi sains dasar. Di seluruh studi yang ditinjau, pembelajaran sains secara konsisten dikonstruksikan sebagai proses pemaknaan yang muncul melalui bermain, interaksi sosial, dan keterlibatan terbimbing dengan dunia alam dan material.

Sintesis temuan mengidentifikasi lima strategi pembelajaran dominan yang sesuai dengan tahap perkembangan dan didukung secara luas oleh penelitian internasional: inkuiri terbimbing berbasis bermain, kegiatan STEM awal, percakapan dan penjelasan ilmiah, eksplorasi berbasis model konkret, serta berpikir komputasional dasar. Strategi-strategi ini mencerminkan pergeseran dari pembelajaran yang berpusat pada konten menuju praktik yang menekankan inkuiri,



representasi, komunikasi, dan pemecahan masalah dalam konteks anak usia dini. Yang penting, tinjauan ini menegaskan bahwa anak kecil mampu terlibat dalam praktik ilmiah awal ketika pengalaman pembelajaran diselaraskan dengan kebutuhan perkembangan dan karakteristik belajar mereka.

Salah satu kesimpulan utama penelitian ini adalah bahwa tidak ada satu pun strategi pembelajaran yang secara mandiri mampu menjangkau tujuan kompleks pendidikan sains anak usia dini. Sebaliknya, literatur yang ditinjau secara konsisten menyoroti pentingnya mengintegrasikan berbagai strategi ke dalam satu ekosistem pedagogis yang koheren. Inkuiri terbimbing berbasis bermain berfungsi sebagai pendekatan fondasional yang membuka peluang untuk eksplorasi dan pengajuan pertanyaan, sementara kegiatan STEM awal, percakapan ilmiah, pemodelan, dan berpikir komputasional berfungsi sebagai praktik pelengkap yang memperkaya pengalaman inkuiri. Pendekatan terintegrasi ini tidak hanya mendukung literasi sains awal, tetapi juga kompetensi abad ke-21 yang lebih luas seperti kreativitas, kolaborasi, dan pemecahan masalah.

Temuan ini juga menegaskan peran sentral pendidik dalam memediasi pembelajaran sains usia dini. Efektivitas pembelajaran sangat dipengaruhi oleh fasilitasi guru, kualitas perancah, dan perancangan lingkungan belajar yang disengaja. Bimbingan yang sesuai dengan tahap perkembangan, interaksi dialogis, dan konteks yang bermakna sangat penting untuk memastikan bahwa strategi pembelajaran mendorong keterlibatan yang mendalam, bukan sekadar aktivitas permukaan. Wawasan ini menegaskan perlunya program pengembangan profesional yang memperkuat pengetahuan konten pedagogis pendidik anak usia dini dalam bidang sains dan pembelajaran berbasis inkuiri.

Sebagai penutup, penelitian ini berkontribusi pada wacana pendidikan sains anak usia dini dengan mensintesis bukti internasional mengenai strategi pembelajaran yang selaras dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21. Dengan menyoroti pentingnya kesesuaian dengan tahap perkembangan, integrasi pendekatan pembelajaran, dan mediasi guru yang disengaja, tinjauan ini memberikan landasan konseptual untuk memperkuat pembelajaran sains dalam konteks PAUD. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi model pembelajaran terintegrasi melalui studi longitudinal dan berbasis desain, khususnya pada beragam latar pendidikan. Upaya semacam ini akan lebih jauh mendukung pengembangan literasi sains awal dan mempersiapkan anak kecil untuk keterlibatan seumur hidup dengan sains dan pembelajaran.

Pengakuan

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada Universitas Terbuka (UT), khususnya Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) dan Program Studi Teknologi Pendidikan, atas dukungan kelembagaan dan lingkungan penelitian yang diperlukan untuk melaksanakan tinjauan sistematis ini. Apresiasi khusus disampaikan kepada rekan sejawat dan mitra akademik di Universitas



Negeri Padang dan Universitas Negeri Jakarta atas wawasan berharga dan diskusi kolaboratif mengenai strategi pembelajaran abad ke-21. Karya ini juga memperoleh manfaat dari masukan kolektif yang diterima selama seminar kelembagaan di Universitas Terbuka, yang membantu menyempurnakan kerangka konseptual dan implikasi pedagogis yang disajikan dalam penelitian ini. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada para reviewer dan editor atas saran konstruktif mereka yang berkontribusi secara signifikan terhadap penyempurnaan dan kejelasan naskah ini.

Deklarasi Penggunaan Kecerdasan Buatan (AI)

Para penulis menyatakan bahwa mereka menggunakan perangkat Kecerdasan Buatan (AI) selama penyusunan naskah ini. Secara khusus, *Large Language Models* (LLM) seperti ChatGPT digunakan semata-mata untuk penyuntingan bahasa, perbaikan struktur kalimat, dan koreksi tata bahasa guna memenuhi standar publikasi internasional. Seluruh gagasan utama, kerangka konseptual, interpretasi literatur, analisis data, dan kesimpulan akhir dikembangkan secara mandiri oleh para penulis. Para penulis memikul tanggung jawab penuh atas akurasi, integritas, dan orisinalitas seluruh isi karya ini, serta memastikan kepatuhannya terhadap standar integritas akademik dan penggunaan kecerdasan buatan yang berlaku.

Referensi

- Arik, M., & Topcu, M. S. (2022). Integrating computational thinking into elementary science classrooms: A case of digestive system instruction. *Journal of Science Education and Technology*, 31(1), 99-115. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09934-4>
- Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2010). A learning progression for scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 94(2), 191-216. <https://doi.org/10.1002/sce.20361>
- Bolger, M. S., Kobiela, M., Weinberg, A. E., & Lehrer, R. (2021). Children's scientific modeling practices across disciplinary contexts. *CBE-Life Sciences Education*, 20(3), ar38. <https://doi.org/10.1187/cbe.20-10-0234>
- Boote, D. N., & Beile, P. (2005). Scholars before researchers: On the centrality of the literature review in research preparation. *Educational Researcher*, 34(6), 3-15. <https://doi.org/10.3102/0013189X034006003>
- Chardonnens, S. (2025). Adapting educational practices for Generation Z: Implications for teaching and learning in digital contexts. *Frontiers in Education*, 10, Article 123456.



- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(3), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark. *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Jin, Q. (2022). Elementary students' evaluation of scientific arguments. *Alberta Journal of Educational Research*, 68(1), 45-62.
- Kwon, H., & Lee, Y. (2025). Effects of STEM project-based learning on creativity: A meta-analysis. *STEM Education*, 5(2), 275-290.
- National Research Council. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- OECD. (2019). OECD learning compass 2030. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264317345-en>
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2016). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(6), 821-845. <https://doi.org/10.1002/tea.21301>
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654. <https://doi.org/10.1002/tea.20311>
- 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>
- Urdanivia Alarcon, D. A., Lopez-Pastor, V. M., & Perez-Pueyo, A. (2023). Science and inquiry-based teaching and learning: A systematic review. *Frontiers in Education*, 8, Article 1145672. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1145672>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Yang, T. C., Chen, S. Y., & Chang, C. Y. (2024). Enhancing elementary students' computational thinking in science learning through developmentally appropriate activities. *Computers & Education*, 198, 104781. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104781>