

**PENDIDIKAN SAINS BERBASIS PRAKTIK, SSI, DAN STEM-CT
SEBAGAI MESIN PENDORONG KOMPETENSI MASA DEPAN SISWA
SEKOLAH DASAR: SEBUAH KAJIAN PUSTAKA**

**Yusak Ratunguri¹, I Wayan Suastra², I Made Citra Wibawa³, Ida Bagus
Putu Arnyana⁴**

Universitas Pendidikan Ganesha^{1,2,3,4}

yusakratunguri@unima.co.id¹, iwsuastra@undiksha.ac.id²,
imadecitra.wibawa@undiksha.ac.id³, putu.arnyana@undiksha.ac.id⁴

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengulas bagaimana pendidikan sains berbasis praktik ilmiah, isu sosiosaintifik (*socioscientific issues/SSI*), serta integrasi STEM–*Computational Thinking* (CT) dapat menjadi pendorong kompetensi masa depan siswa sekolah dasar. Metode yang digunakan adalah kajian pustaka dengan menganalisis berbagai literatur yang relevan mengenai pembelajaran sains abad ke-21, literasi sains, serta integrasi teknologi dalam pembelajaran. Hasil kajian menunjukkan bahwa ketika sains diajarkan sebagai kegiatan epistemik—melalui proses menyelidik, memodelkan, dan berargumentasi berbasis bukti—serta dikaitkan dengan konteks sosial dan lingkungan yang relevan, terjadi penguatan simultan pada keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, komunikasi (4C), literasi sains, literasi data-digital, serta karakter ilmiah. Kajian ini juga menyoroti prasyarat implementasi berupa kurikulum yang memberi ruang otonomi, penilaian formatif berbasis kinerja, ekosistem teknologi yang bermakna, serta pengembangan profesional guru. Simpulan, pendidikan sains berbasis praktik, konteks, dan teknologi dapat menjadi kerangka strategis dalam membangun kompetensi lintas-domain siswa sekolah dasar di abad ke-21.

Kata Kunci: Isu Sosiosaintifik, Kompetensi Masa Depan, Pendidikan Sains SD, *Scientific Practices*, STEM-CT

ABSTRACT

This study aimed to examine how science education grounded in scientific practices, socioscientific issues (SSI), and the integration of STEM–Computational Thinking (CT) can foster future competencies among elementary school students. The method employed is a literature review analyzing relevant studies on 21st-century science learning, scientific literacy, and technology integration. The findings indicate that when science is taught as an epistemic activity—through inquiry, modeling, and evidence-based argumentation—and connected to meaningful social and environmental contexts, it simultaneously strengthens the 4C skills (critical thinking, creativity, collaboration, and communication), scientific literacy, data-digital literacy, and scientific character. The review also highlights

key implementation prerequisites, including curriculum autonomy, formative performance-based assessment, meaningful technological ecosystems, and sustained teacher professional development. In conclusion, science education built upon practice, context, and technology offers a strategic framework for developing cross-domain competencies in elementary education.

Keywords: *Future Competencies, Scientific Practices, Socioscientific Issues, STEM-CT, Elementary Science Education*

PENDAHULUAN

Perubahan teknologi, ekologi, dan ekonomi global di abad ke-21—termasuk akselerasi otomatisasi, kecerdasan artifisial (*artificial intelligence/AI*), dan ekonomi hijau—mendorong pergeseran kompetensi yang dibutuhkan lulusan sekolah. *The Future of Jobs Report 2023* menegaskan bahwa *analytical thinking*, *creative thinking*, serta literasi AI dan data menjadi kompetensi inti menuju tahun 2027, seiring transformasi struktur pekerjaan yang berlangsung cepat (World Economic Forum, 2023). Temuan ini memperkuat urgensi pembelajaran yang menumbuhkan kemampuan bernalar berbasis bukti, kreativitas, dan adaptabilitas sejak jenjang sekolah dasar.

Kerangka kebijakan global seperti *OECD Education 2030: Learning Compass* memberikan orientasi sistemik mengenai *knowledge, skills, attitudes*, dan *values* yang dibutuhkan peserta didik untuk mencapai *agency* dan *well-being* di masyarakat masa depan (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2019). Kerangka tersebut menekankan pentingnya pembelajaran yang autentik, kolaboratif, dan transdisipliner, serta peran sekolah dalam memampukan siswa menavigasi perubahan. Dalam konteks Indonesia, Kurikulum Merdeka dan Projek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5) memberikan ruang otonomi dan integrasi proyek lintas disiplin guna menguatkan profil bernalar kritis, kreatif, gotong royong, dan mandiri—arah kebijakan yang selaras dengan tuntutan kompetensi masa depan (Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, 2022).

Di dalam ekosistem tersebut, pendidikan sains (IPA) memiliki posisi strategis. Sains bukan sekadar kumpulan konsep, melainkan kegiatan epistemik yang melibatkan perumusan pertanyaan, pemodelan, pengumpulan dan analisis data, serta argumentasi berbasis bukti. *A Framework for K–12 Science Education* menempatkan *Science and Engineering Practices*, *Crosscutting Concepts*, dan *Disciplinary Core Ideas* sebagai tiga dimensi yang harus terintegrasi dalam pembelajaran (National Research Council, 2012). Kerangka ini kemudian melandasi *Next Generation Science Standards* (NGSS). Pendekatan berbasis praktik tersebut terbukti menguatkan *higher order thinking skills* dan literasi sains pada berbagai jenjang pendidikan, termasuk sekolah dasar.

Selain itu, indikator internasional seperti *Programme for International Student Assessment* (PISA) mendefinisikan literasi sains sebagai kemampuan menggunakan pengetahuan ilmiah untuk mengidentifikasi pertanyaan, menjelaskan fenomena, serta menarik kesimpulan berbasis bukti pada isu-isu sains dalam kehidupan (OECD, 2018). Definisi ini menegaskan bahwa kompetensi sains bukan hanya penguasaan fakta, melainkan kecakapan bernalar dalam pengambilan keputusan yang bertanggung jawab—tujuan yang relevan bagi pendidikan dasar.

Tantangan implementasi di lapangan, seperti dominannya pedagogi berpusat pada guru, keterbatasan asesmen kinerja, dan akses sumber belajar, menuntut transformasi strategi pembelajaran. Kajian mutakhir menunjukkan efektivitas pembelajaran berbasis proyek (*Project-based Learning*/PjBL) dalam membangun kolaborasi dan tanggung jawab peserta didik, serta pentingnya integrasi teknologi yang bermakna seperti simulasi interaktif, laboratorium virtual, dan visualisasi data untuk membantu pemahaman konsep abstrak sekaligus menumbuhkan literasi digital. Panduan Pembelajaran dan Asesmen Kurikulum Merdeka juga mendorong asesmen yang berpihak pada peserta didik dengan menilai proses dan kinerja, bukan semata hasil tes (Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, 2022).

Dengan demikian, urgensi kajian ini terletak pada upaya menautkan tiga tuas perubahan praktik ilmiah, konteks isu sosiosaintifik (*socioscientific issues*/SSI), dan integrasi STEM *Computational Thinking* (CT) dengan kebijakan nasional (Kurikulum Merdeka/P5) serta tuntutan pasar kerja masa depan. Kajian pustaka ini bertujuan untuk mensintesis bukti empiris dan rekomendasi implementatif bagi guru sekolah dasar dalam merancang pembelajaran sains yang berbasis praktik, kontekstual, dan berteknologi secara bermakna, sehingga literasi sains dan kompetensi abad ke-21 dapat tumbuh secara terpadu sejak dini.

METODE PENELITIAN

Kajian pustaka ini menggunakan pendekatan deskriptif-analitis dengan menelaah buku, laporan kebijakan, dan artikel ilmiah yang dipublikasikan pada rentang tahun 2010–2024. Fokus kajian meliputi pembelajaran sains sekolah dasar, literasi sains, keterampilan abad ke-21 (4C), integrasi STEM–*Computational Thinking* (CT), praktik ilmiah, *socioscientific issues* (SSI), penilaian berbasis kinerja, serta kebijakan kurikulum.

Sumber literatur ditelusuri melalui Google Scholar, ERIC, serta penerbit akademik seperti National Research Council/National Academies Press (NRC/NAP), OECD, UNESCO, dan NSTA Press.

Analisis dilakukan dengan mengelompokkan temuan ke dalam empat tema utama, yaitu: (a) praktik ilmiah dan epistemik, (b) SSI sebagai konteks pembelajaran yang bermakna, (c) integrasi STEM–CT dan teknologi dalam pembelajaran, serta (d) asesmen dan dukungan implementasi.

HASIL PENELITIAN

Pendidikan Sains sebagai Fondasi Kompetensi Abad ke-21

Kajian literatur menunjukkan bahwa pendidikan sains memiliki kontribusi strategis dalam pembentukan kompetensi abad ke-21 yang mencakup keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi (Trilling & Fadel, 2009). Kompetensi tersebut tidak berkembang secara spontan, melainkan melalui proses pembelajaran yang memberi ruang pada eksplorasi, pemecahan masalah, serta dialog ilmiah.

Menurut Bybee (2013), pembelajaran sains efektif dalam mengembangkan *scientific literacy* karena mendorong siswa untuk merumuskan pertanyaan, melakukan investigasi sistematis, menganalisis data, serta membangun argumentasi berbasis bukti. Sejalan dengan itu, National Research Council (2012) menegaskan bahwa sains harus dipahami sebagai praktik epistemik dan sosial yang melibatkan kegiatan mengamati, memodelkan, menjelaskan, serta mengkomunikasikan temuan, bukan sekadar penguasaan konsep yang dihafal.

Pada jenjang sekolah dasar, pendidikan sains berfungsi sebagai tahap awal pembentukan *scientific habit of mind* melalui pengalaman belajar yang konkret dan kontekstual. Siswa diperkenalkan pada aktivitas observasi, klasifikasi, pengukuran sederhana, hingga penarikan kesimpulan berdasarkan bukti empiris. Proses ini tidak hanya memperkuat literasi ilmiah, tetapi juga menumbuhkan karakter ilmiah seperti rasa ingin tahu, keterbukaan terhadap gagasan baru, ketekunan dalam menyelidiki masalah, serta tanggung jawab terhadap lingkungan (Harlen, 2015). Dengan demikian, pendidikan sains sejak dini menjadi fondasi penting bagi pengembangan pola pikir reflektif dan adaptif.

Literasi Sains dan Relevansinya terhadap Kompetensi Masa Depan

OECD (2018) mendefinisikan literasi sains sebagai kemampuan individu untuk menggunakan pengetahuan ilmiah dalam menjelaskan fenomena, menarik kesimpulan berbasis bukti, serta membuat keputusan yang bertanggung jawab dalam konteks personal, sosial, dan global. Definisi ini menempatkan literasi sains tidak hanya sebagai kemampuan akademik, tetapi juga sebagai kapasitas kewargaan dalam masyarakat berbasis pengetahuan.

Holbrook dan Rannikmae (2009) serta Wahyudi (2020) menunjukkan bahwa literasi sains merupakan indikator utama keberhasilan pendidikan abad ke-21 karena berkaitan langsung dengan kemampuan berpikir analitis, pemecahan masalah kompleks, dan pengambilan keputusan etis. Hasil penelitian lintas negara memperlihatkan bahwa pendekatan berbasis inkuiri dan proyek secara konsisten meningkatkan capaian literasi sains siswa (Bell, 2010).

Dalam konteks Indonesia, Nugroho et al. (2022) menemukan bahwa pembelajaran kontekstual dan eksperimen sederhana membantu siswa memahami keterkaitan antara teori dan praktik, sekaligus meningkatkan pemahaman konseptual. Temuan-temuan ini memperlihatkan bahwa literasi sains berkembang

optimal ketika siswa terlibat aktif dalam proses penyelidikan yang bermakna dan relevan dengan kehidupan sehari-hari.

Integrasi Teknologi dalam Pembelajaran Sains

Literatur juga menunjukkan bahwa integrasi teknologi digital berkontribusi terhadap peningkatan kualitas pembelajaran sains. Wahono (2021) melaporkan bahwa penggunaan *PhET simulations* dan video eksperimen interaktif meningkatkan keterlibatan siswa serta memperdalam pemahaman konsep abstrak. Teknologi memungkinkan visualisasi fenomena yang sulit diamati secara langsung, seperti proses mikroskopis atau perubahan dinamis dalam sistem alam.

Lin dan Chen (2016) melalui meta-analisis menemukan bahwa *mobile learning* memberikan dampak positif terhadap prestasi belajar sains dan sikap siswa terhadap mata pelajaran tersebut. Selain meningkatkan aksesibilitas, perangkat digital memungkinkan pembelajaran yang fleksibel, personal, dan adaptif terhadap kebutuhan individu siswa.

UNESCO (2020) menegaskan bahwa integrasi teknologi dalam pendidikan harus diarahkan pada penguatan kemampuan berpikir tingkat tinggi dan literasi digital, bukan sekadar digitalisasi materi. Dengan demikian, teknologi berfungsi sebagai sarana untuk memperluas eksplorasi ilmiah, memperkaya pengalaman belajar, serta mendorong refleksi berbasis data.

Pendekatan STEM dan *Computational Thinking* dalam Sains Dasar

Integrasi pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) dalam pembelajaran sains mendorong siswa berpikir lintas-disiplin dan menyelesaikan masalah secara sistemik (Bybee, 2013). Melalui proyek terintegrasi, siswa belajar menghubungkan konsep ilmiah dengan aplikasi teknologi dan rekayasa, sehingga pengetahuan tidak terfragmentasi.

Nugroho et al. (2022) menunjukkan bahwa implementasi STEM di sekolah dasar meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa secara signifikan. Selain itu, integrasi *Computational Thinking* (CT) memperkuat kemampuan analitis melalui proses dekomposisi masalah, pengenalan pola, abstraksi, dan perancangan algoritme. Pendekatan ini dapat diterapkan dalam pembelajaran sains tanpa selalu menggunakan perangkat komputer, misalnya melalui penyusunan langkah eksperimen secara sistematis atau pemodelan sederhana.

Hasil literatur tersebut mengindikasikan bahwa kombinasi STEM dan CT memperluas kapasitas kognitif siswa serta mempersiapkan mereka menghadapi tantangan kompleks di era digital.

Peran Guru sebagai Fasilitator Transformasi Pembelajaran

Kajian menunjukkan bahwa kualitas pendidikan sains sangat dipengaruhi oleh peran guru. Harlen (2015) dan Wahyudi (2020) menegaskan bahwa guru yang

menerapkan pendekatan inkuiri, proyek, dan integrasi teknologi mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan partisipatif. Guru berperan sebagai fasilitator yang membimbing proses investigasi, memicu pertanyaan reflektif, serta mendorong diskusi berbasis bukti.

Kurikulum Merdeka memberikan otonomi kepada guru untuk merancang pembelajaran kontekstual yang sesuai dengan kebutuhan siswa (Kemendikbudristek, 2022). Namun, literatur juga mengidentifikasi sejumlah kendala, seperti keterbatasan sarana laboratorium, akses teknologi yang belum merata, kurangnya pelatihan profesional berkelanjutan, serta beban administratif yang tinggi. Faktor-faktor ini memengaruhi optimalisasi implementasi pembelajaran sains berbasis praktik.

Asesmen Kinerja sebagai Indikator Kompetensi Sains

Literatur menekankan pentingnya asesmen autentik dalam mengukur kompetensi sains. National Research Council (2012) dan Kemendikbudristek (2022) merekomendasikan *performance assessment* berupa laporan eksperimen, jurnal ilmiah siswa, portofolio, maupun presentasi proyek.

Penilaian kinerja memungkinkan guru menilai tidak hanya hasil akhir, tetapi juga proses berpikir ilmiah, kemampuan merancang eksperimen, kualitas argumentasi, serta kreativitas dalam menyelesaikan masalah. Dengan demikian, asesmen menjadi bagian integral dari pembelajaran yang mendukung pengembangan kompetensi abad ke-21 secara komprehensif.

Implikasi terhadap Pendidikan Dasar di Indonesia

Sintesis literatur menunjukkan bahwa pendidikan sains memiliki implikasi langsung terhadap penguatan Profil Pelajar Pancasila, khususnya pada dimensi bernalar kritis, kreatif, dan gotong royong. Praktik pembelajaran berbasis investigasi dan proyek mendorong kolaborasi serta tanggung jawab sosial dalam menyelesaikan permasalahan nyata.

Transformasi pendidikan sains melalui praktik ilmiah, integrasi teknologi, serta pendekatan STEM–CT juga selaras dengan upaya pencapaian Sustainable Development Goal 4 tentang pendidikan berkualitas. Hal ini menunjukkan bahwa penguatan pendidikan sains di sekolah dasar tidak hanya berdampak pada peningkatan capaian akademik, tetapi juga berkontribusi pada pembangunan sumber daya manusia yang adaptif dan berdaya saing global.

PEMBAHASAN

Hasil kajian menunjukkan bahwa pendidikan sains memiliki peran multidimensional dalam membangun kompetensi abad ke-21. Temuan ini menguatkan pandangan bahwa sains perlu diposisikan sebagai praktik epistemik, bukan sekadar transfer pengetahuan. Ketika siswa dilibatkan dalam proses investigasi, pemodelan, dan argumentasi berbasis bukti, mereka tidak hanya

memahami konsep, tetapi juga mengembangkan pola pikir ilmiah dan karakter reflektif.

Literasi sains sebagaimana ditekankan OECD (2018) menjadi fondasi bagi pengambilan keputusan yang bertanggung jawab dalam masyarakat berbasis teknologi dan data. Oleh karena itu, pembelajaran sains di sekolah dasar perlu dirancang secara kontekstual dan bermakna agar siswa mampu mengaitkan konsep dengan realitas sosial serta lingkungan.

Integrasi teknologi dan pendekatan STEM–CT memperluas dimensi pembelajaran sains. Namun, efektivitasnya sangat bergantung pada penggunaan yang bermakna (*meaningful use*), bukan sekadar digitalisasi aktivitas belajar. Teknologi harus memperdalam eksplorasi ilmiah dan memperkuat kemampuan berpikir tingkat tinggi.

Peran guru menjadi faktor determinan dalam keberhasilan transformasi ini. Otonomi kurikulum perlu diimbangi dengan pengembangan profesional berkelanjutan agar guru mampu merancang pembelajaran berbasis praktik dan asesmen kinerja. Tanpa dukungan sistemik, potensi pendidikan sains dalam membangun kompetensi masa depan tidak akan optimal.

Secara keseluruhan, pendidikan sains di sekolah dasar berfungsi sebagai fondasi strategis dalam membangun literasi sains, karakter ilmiah, dan kompetensi abad ke-21. Transformasi pembelajaran melalui praktik ilmiah, konteks nyata, teknologi, dan asesmen autentik menjadi kunci lahirnya generasi yang adaptif, inovatif, dan siap menghadapi tantangan global.

SIMPULAN

Kajian pustaka ini menegaskan bahwa pendidikan sains di sekolah dasar merupakan fondasi strategis dalam menyiapkan peserta didik menghadapi tantangan abad ke-21. Pendidikan sains tidak lagi dipahami sebagai transfer pengetahuan konseptual semata, melainkan sebagai proses epistemik yang membentuk kemampuan berpikir ilmiah, bernalar kritis, serta bertindak berdasarkan bukti.

Transformasi paradigma dari *teaching science as content* menuju *learning science as practice* berimplikasi pada penguatan kompetensi berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills*), literasi sains, dan keterampilan 4C (*critical thinking, creativity, collaboration, dan communication*). Integrasi isu sosiosaintifik, pendekatan STEM–*Computational Thinking*, serta pemanfaatan teknologi digital secara bermakna memperluas dimensi pembelajaran sains sehingga lebih kontekstual, reflektif, dan adaptif terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Keberhasilan transformasi tersebut sangat dipengaruhi oleh peran guru sebagai fasilitator pembelajaran aktif, dukungan kurikulum yang fleksibel, serta penerapan asesmen autentik yang menilai proses dan produk berpikir ilmiah siswa. Dengan demikian, pendidikan sains yang berlandaskan praktik ilmiah, konteks

nyata, dan integrasi teknologi memiliki posisi sentral dalam membentuk generasi pembelajar sepanjang hayat yang kritis, kreatif, dan adaptif dalam menghadapi kompleksitas global.

DAFTAR PUSTAKA

- Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39–43. <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Harlen, W. (2015). *Working with big ideas of science education*. Science Education Programme, European Commission.
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2009). The meaning of scientific literacy. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(3), 275–288.
- Kemendikbudristek. (2022). *Panduan implementasi Kurikulum Merdeka*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia.
- Lin, M., & Chen, H. (2016). Effects of mobile learning on science achievement and attitude: A meta-analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 25(6), 870–885. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9633-1>
- National Research Council. (2012). *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- Nugroho, A., Raharjo, S., & Utami, N. (2022). Implementasi pendidikan STEM dalam pengembangan kompetensi guru IPA sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, 7(1), 45–57. <https://doi.org/10.21831/jpdi.v7i1.11112>
- OECD. (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/education/2030-project/>
- OECD. (2019). *OECD learning compass 2030: A series of concept notes*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. Jossey-Bass.
- UNESCO. (2020). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*. UNESCO Publishing.
- Wahyudi, A. (2020). Inovasi pembelajaran IPA untuk meningkatkan literasi sains siswa sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, 5(2), 101–111. <https://doi.org/10.21831/jpdi.v5i2.28976>
- Wahono, B. (2021). Digital transformation in science education: Enhancing students' engagement and understanding. *Journal of Science Learning*, 4(3), 187–196. <https://doi.org/10.17509/jsl.v4i3.31712>

World Economic Forum. (2023). *The future of jobs report 2023*. World Economic Forum.