

1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan informasi yang semakin pesat pada abad ke-21 menuntut dunia pendidikan untuk menghasilkan sumber daya manusia yang mampu beradaptasi terhadap berbagai perubahan dan tantangan global. Revolusi Industri 4.0 telah mengintegrasikan teknologi digital ke dalam berbagai aspek kehidupan sehingga murid dituntut memiliki keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi (Schwab, 2016; Partnership for 21st Century Learning, 2019). Dalam konteks pendidikan dasar, pengembangan keterampilan tersebut perlu dilakukan melalui pembelajaran yang tidak hanya berorientasi pada penguasaan pengetahuan, tetapi juga mendorong murid untuk mampu memecahkan masalah nyata secara kreatif dan inovatif. Salah satu keterampilan penting yang perlu dikembangkan adalah kemampuan berpikir kritis, yaitu kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti yang dapat dipertanggungjawabkan (Facione, 2015).

Mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) merupakan salah satu mata pelajaran yang memiliki peran strategis dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis murid. Pembelajaran IPAS dirancang untuk membantu murid memahami berbagai fenomena alam dan sosial melalui proses mengamati, menanya, menyelidiki, menganalisis, serta menarik kesimpulan berdasarkan bukti yang ditemukan (Kemendikbudristek, 2022). Dalam Kurikulum Merdeka, pembelajaran IPAS tidak hanya berfokus pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pengembangan keterampilan proses dan pemecahan masalah yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari.

Idealnya, pembelajaran IPAS dilaksanakan dengan menerapkan pendekatan pembelajaran mendalam (*deep learning*) melalui model inkuiri dan pembelajaran berbasis proyek. Melalui model tersebut, akan tercipta suasana belajar yang berkesadaran, bermakna, dan menggembirakan. Dalam praktiknya, murid akan didorong untuk terlibat aktif dalam penyelidikan, memecahkan masalah, berkolaborasi, dan mengembangkan penalaran kritis. Melalui pembelajaran IPAS murid diberikan kesempatan yang luas untuk bereksplorasi, berdiskusi, bereksperimen, dan memecahkan masalah yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari serta meningkatkan keterampilan berpikir kritis secara optimal.

Namun demikian, kondisi ideal tersebut belum sepenuhnya terwujud dalam praktik pembelajaran di sekolah dasar. Hasil observasi awal pada pembelajaran IPAS di kelas V SD Negeri Badran Yogyakarta menunjukkan bahwa proses

pembelajaran masih didominasi pendekatan yang berpusat pada guru sehingga murid cenderung pasif dalam kegiatan belajar. Murid belum terbiasa mengemukakan pendapat, menganalisis permasalahan, maupun menghubungkan konsep yang dipelajari dengan situasi nyata di lingkungan sekitarnya. Dampaknya, hasil belajar murid pada materi magnet, listrik, dan teknologi masih rendah. Dari 14 murid, hanya 3 murid (21,43%) yang mencapai Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP), sedangkan 11 murid (78,57%) belum mencapai ketuntasan belajar. Kondisi ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang berlangsung belum mampu mengembangkan keterlibatan aktif murid sekaligus meningkatkan hasil belajar secara optimal.

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) mampu meningkatkan kualitas pembelajaran dan hasil belajar murid. STEM merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam konteks pemecahan masalah nyata sehingga murid dapat membangun pemahaman yang bermakna melalui proses investigasi dan perancangan solusi (Kelley & Knowles, 2016). Penelitian yang dilakukan oleh Halimah dan Supriatna (2024) menunjukkan bahwa penerapan STEM dapat meningkatkan motivasi belajar, kemampuan berpikir kritis, dan pemahaman konsep IPAS secara signifikan. Hasil penelitian Komalasari *et al.* (2024) menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran STEM dengan pendekatan saintifik mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kemampuan berpikir kreatif, serta hasil belajar murid secara signifikan. Selain itu, English (2023) menegaskan bahwa STEM merupakan pendekatan yang relevan untuk mempersiapkan murid menghadapi tantangan abad ke-21 karena melatih kemampuan analisis, evaluasi, pengambilan keputusan, dan inovasi.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada implementasi STEM secara umum dan belum banyak mengkaji integrasi STEM dengan pemanfaatan perangkat digital interaktif yang mendukung proses pembelajaran. Padahal, perkembangan teknologi pendidikan membuka peluang bagi guru untuk mengoptimalkan pembelajaran melalui berbagai media digital yang mampu meningkatkan partisipasi dan keterlibatan murid. Salah satu perangkat yang saat ini mulai diterapkan dalam program digitalisasi pendidikan adalah *Interactive Flat Panel* (IFP), yaitu perangkat layar sentuh interaktif yang menggabungkan fungsi komputer, proyektor, dan papan tulis digital dalam satu perangkat. IFP memungkinkan penyajian materi secara visual,

interaktif, dan kolaboratif sehingga dapat meningkatkan keterlibatan murid dalam proses pembelajaran (Kemendikdasmen, 2025).

Dalam pembelajaran STEM, teknologi merupakan salah satu komponen utama yang berfungsi mendukung proses penyelidikan, visualisasi konsep, simulasi, analisis data, dan pengembangan solusi (Kelley & Knowles, 2016). Ring-Whalen *et al.* (2021) menjelaskan bahwa pemanfaatan teknologi digital dalam pembelajaran STEM dapat memperkuat pengalaman belajar murid melalui aktivitas eksplorasi dan pemecahan masalah yang lebih autentik. Oleh karena itu, pemanfaatan IFP berpotensi menjadi media yang efektif untuk mendukung implementasi pendekatan STEM, khususnya pada pembelajaran IPAS yang menuntut murid memahami konsep-konsep abstrak seperti magnet, listrik, dan teknologi.

Berdasarkan kajian tersebut, terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) berupa masih terbatasnya penelitian yang mengintegrasikan pendekatan STEM dengan pemanfaatan IFP dalam pembelajaran IPAS di sekolah dasar. Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada penerapan pendekatan STEM melalui tahapan *Engineering Design Process* (EDP) yang meliputi *ask, imagine, plan, create, dan improve* (Jolly, 2016) dengan dukungan teknologi IFP dan simulasi digital untuk meningkatkan hasil belajar IPAS murid sekolah dasar. Integrasi pendekatan STEM dan IFP diharapkan mampu menciptakan pembelajaran yang lebih interaktif, kontekstual, kolaboratif, dan bermakna sehingga murid dapat membangun pemahaman konsep secara lebih mendalam.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan penerapan pendekatan STEM berbantuan IFP dalam pembelajaran IPAS serta menganalisis peningkatan hasil belajar IPAS murid kelas V SD Negeri Badran Yogyakarta setelah penerapan pendekatan tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif strategi pembelajaran inovatif yang mendukung implementasi digitalisasi pendidikan sekaligus meningkatkan kualitas pembelajaran IPAS di sekolah dasar.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan Penelitian Tindakan Kelas (PTK) yang bertujuan meningkatkan hasil belajar IPAS melalui penerapan pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) berbantuan IFP pada murid kelas V SD Negeri Badran Yogyakarta. Penelitian tindakan kelas dipilih karena memberikan kesempatan kepada guru untuk melakukan perbaikan pembelajaran secara

sistematis melalui siklus tindakan yang berulang hingga diperoleh peningkatan kualitas proses dan hasil belajar. Penelitian dilaksanakan pada semester genap Tahun Pelajaran 2025/2026, tepatnya pada bulan Mei 2026 di SD Negeri Badran Yogyakarta dengan subjek penelitian sebanyak 14 murid yang terdiri atas 9 laki-laki dan 5 perempuan. Kondisi awal menunjukkan bahwa hasil belajar IPAS pada materi magnet, listrik, dan teknologi masih rendah dengan tingkat ketuntasan belajar klasikal sebesar 21,43%.

Desain penelitian mengacu pada model Penelitian Tindakan Kelas yang dikembangkan oleh Kemmis dan Mc Taggart. Desain tersebut terdiri atas empat tahapan, yaitu perencanaan, pelaksanaan tindakan, observasi, dan refleksi yang saling berkait dan berurutan sehingga disebut siklus.

Pada tahap perencanaan, peneliti menyusun modul ajar, lembar kerja murid, instrumen observasi, serta instrumen tes hasil belajar yang disesuaikan dengan karakteristik pembelajaran STEM. Tahap pelaksanaan tindakan dilakukan melalui penerapan pendekatan STEM dengan memanfaatkan IFP sebagai media utama pembelajaran. Tahapan STEM mengacu pada EDP yang dikembangkan oleh Jolly (2016), yaitu *ask, imagine, plan, create, dan improve*. Pada tahap *ask*, murid mengidentifikasi permasalahan yang berkaitan dengan materi listrik dan teknologi. Tahap *imagine* dilakukan melalui diskusi kelompok untuk merumuskan berbagai alternatif solusi.

Selanjutnya pada tahap *plan*, murid menyusun rancangan solusi dalam bentuk sketsa atau desain sederhana. Tahap *create* dilakukan dengan membuat dan menguji rangkaian listrik berdasarkan rancangan yang telah dibuat, sedangkan tahap *improve* digunakan untuk melakukan evaluasi dan perbaikan terhadap hasil yang diperoleh. Selama proses tersebut, IFP dimanfaatkan untuk menampilkan simulasi interaktif, visualisasi konsep, serta mendukung kegiatan kolaboratif murid.

Pengumpulan data dilakukan menggunakan teknik observasi dan tes hasil belajar. Observasi digunakan untuk memperoleh data mengenai keterlaksanaan pembelajaran STEM berbantuan IFP selama proses tindakan berlangsung. Observasi dilakukan oleh observer menggunakan lembar observasi yang disusun berdasarkan tahapan EDP, meliputi kegiatan mengidentifikasi masalah, merancang solusi, membuat produk, menguji hasil, dan melakukan perbaikan. Sementara itu, data hasil belajar diperoleh melalui tes yang diberikan pada akhir setiap siklus untuk mengukur penguasaan murid terhadap materi magnet, listrik, dan teknologi.

Instrumen penelitian terdiri atas lembar observasi keterlaksanaan tindakan dan tes hasil belajar. Sebelum digunakan, instrumen terlebih dahulu divalidasi oleh ahli untuk memastikan kesesuaian isi, indikator, dan tujuan pengukuran. Tes hasil belajar disusun berdasarkan capaian pembelajaran IPAS Fase C pada elemen pemahaman konsep dan keterampilan proses sesuai Kurikulum Merdeka (Kemendikbudristek, 2022). Hasil tes digunakan untuk mengetahui peningkatan capaian belajar murid setelah penerapan tindakan pada setiap siklus.

Kriteria keberhasilan penelitian ditetapkan berdasarkan ketuntasan belajar klasikal. Tindakan dinyatakan berhasil apabila sekurang-kurangnya 75% murid memperoleh nilai mencapai atau melebihi KKTP yang ditetapkan sekolah, yaitu 78. Selain itu, keterlaksanaan pembelajaran STEM berbantuan IFP pada setiap tahapan EDP harus berada pada kategori baik.

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Data hasil observasi dianalisis secara kualitatif untuk menggambarkan keterlaksanaan tindakan dan aktivitas murid selama proses pembelajaran. Data hasil belajar dianalisis secara kuantitatif menggunakan perhitungan nilai rata-rata dan persentase ketuntasan belajar klasikal. Persentase ketuntasan dihitung dengan membandingkan jumlah murid yang mencapai KKTP terhadap jumlah seluruh murid kemudian dikalikan 100 persen. Hasil analisis pada setiap siklus digunakan sebagai dasar refleksi untuk menentukan perbaikan tindakan pada siklus berikutnya hingga indikator keberhasilan penelitian tercapai.

3. Hasil dan Pembahasan

Penerapan STEM berbantuan IFP

Penerapan pendekatan STEM berbantuan IFP dilaksanakan melalui tahapan EDP yang meliputi *ask, imagine, plan, create, dan improve* (Jolly, 2016). Pada tahap *ask*, murid diberikan permasalahan kontekstual yang berkaitan dengan materi magnet, listrik, dan teknologi. Melalui bantuan IFP, guru menampilkan video, simulasi, dan gambar interaktif untuk memancing rasa ingin tahu murid terhadap fenomena yang diamati.

Pada tahap *imagine*, murid berdiskusi dalam kelompok untuk merumuskan berbagai alternatif solusi terhadap masalah yang diberikan. Selanjutnya pada tahap *plan*, murid menyusun rancangan penyelesaian masalah dalam bentuk sketsa sederhana dan menentukan alat serta bahan yang diperlukan. Tahap *create* dilaksanakan dengan membuat produk atau model rangkaian listrik sederhana berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Pada tahap ini murid juga melakukan pengujian terhadap hasil karyanya. Tahap terakhir adalah *improve*, yaitu melakukan refleksi dan

perbaikan terhadap produk berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan.

Pemanfaatan IFP selama proses pembelajaran terbukti meningkatkan keterlibatan murid. Melalui tampilan visual, simulasi interaktif, dan akses langsung terhadap laboratorium virtual PhET Colorado, murid lebih mudah memahami konsep-konsep abstrak yang terdapat pada materi listrik dan teknologi. Kondisi ini sejalan dengan pendapat Kelley dan Knowles (2016) yang menyatakan bahwa teknologi merupakan komponen penting dalam pembelajaran STEM karena mampu mendukung proses investigasi, visualisasi konsep, dan pemecahan masalah. Hasil ini juga mendukung pendapat Ring-Whalen *et al.* (2021) bahwa pemanfaatan teknologi digital dalam pembelajaran STEM mampu meningkatkan kualitas pengalaman belajar murid.

Peningkatan Hasil Belajar IPAS

Setelah dilakukan tindakan berupa penerapan pendekatan STEM berbantuan IFP, pembelajaran mulai tampak lebih aktif, partisipasi murid meningkat hingga akhirnya diperoleh data bahwa telah terjadi peningkatan hasil belajar IPAS yang signifikan pada setiap siklus penelitian. Kondisi awal sebelum tindakan menunjukkan bahwa hanya 3 dari 14 murid yang mencapai KKTP atau sebesar 21,43%, dengan nilai rata-rata kelas sebesar 66,43. Setelah penerapan tindakan pada Siklus I, jumlah murid yang mencapai KKTP meningkat menjadi 9 orang atau 64,28%. Pada Siklus II, jumlah murid yang mencapai KKTP kembali meningkat menjadi 11 orang atau 78,57%. Dengan demikian indikator keberhasilan penelitian yang menetapkan ketuntasan klasikal minimal 75% berhasil tercapai.

Adapun capaian hasil belajar IPAS setelah dilakukan tindakan dapat dilihat dalam tabel 1.

Tabel 1. Peningkatan Capaian Hasil Belajar IPAS

Tahap	Jumlah murid tuntas	Persentase Ketuntasan (%)
Pra Siklus	3	21,43
Siklus I	9	64,28
Siklus II	11	78,57

Data tersebut menunjukkan adanya peningkatan ketuntasan belajar yang signifikan. Terjadi peningkatan sebesar 42,85% dari pra siklus ke siklus I, sehingga persentase ketuntasan mencapai 64,28%. dan meningkat kembali sebesar 14,29 poin persentase pada siklus II. Peningkatan tersebut mengindikasikan bahwa penerapan pendekatan STEM berbantuan IFP mampu membantu murid memahami konsep IPAS secara lebih baik dibandingkan pembelajaran sebelumnya yang masih berpusat pada guru. Pada tahap ini capaian hasil belajar telah mencapai

angka 78,57 %. Capaian tersebut sudah 3,57 poin lebih tinggi dibandingkan indikator keberhasilan penelitian yang ditetapkan, yaitu 75%. Oleh karena itulah, maka penelitian dihentikan sampai setelah siklus II.

Peningkatan capaian hasil belajar mulai dari pra-siklus, siklus sampai siklus II dapat digambarkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Capaian Hasil Belajar

Grafik 1 menunjukkan bahwa pada siklus II capaian hasil belajar berada pada 78,57%. Prosentase tersebut telah melebihi indikator penelitian yang telah ditetapkan, yaitu 75%. Oleh karena itulah, maka penelitian ini dihentikan pada siklus II, karena indikator keberhasilan penelitian telah tercapai.

Pembahasan

Peningkatan hasil belajar yang terjadi dalam penelitian ini tidak terlepas dari karakteristik pendekatan STEM yang mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam penyelesaian masalah nyata. Melalui tahapan EDP, murid tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi aktif mengidentifikasi masalah, merancang solusi, melakukan percobaan, mengevaluasi hasil, dan memperbaiki produk yang dibuat. Aktivitas tersebut mendorong terbentuknya pengalaman belajar yang bermakna sehingga pemahaman konsep menjadi lebih kuat.

Temuan penelitian ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang dikemukakan oleh Piaget dan Vygotsky, bahwa pengetahuan dibangun melalui keterlibatan aktif murid dalam proses belajar serta interaksi sosial yang terjadi selama kegiatan kolaboratif. Piaget (1977) menyatakan bahwa "*knowledge is not a copy of reality. To know an object is to act and to transform it.*" Dalam pernyataan tersebut, Piaget menunjukkan bahwa proses belajar terjadi ketika murid secara aktif berinteraksi dengan objek yang dipelajari, melakukan aktivitas yang memberikan pengalaman belajar dan belajar menyelesaikan permasalahan yang dihadapi secara nyata.

Senada dengan teori Piaget, Vygotsky (1978) juga menyatakan bahwa perkembangan kognitif murid berlangsung secara optimal melalui interaksi sosial dan kerja sama dengan orang lain.

Vygotsky menyatakan bahwa murid belajar maksimal dalam *Zone of Proximal Development* (ZPD) yang didalamnya terdapat bantuan (*scaffolding*) dari guru maupun teman sebaya yang lebih mampu.

Berdasarkan dua teori tersebutlah maka, penelitian ini menerapkan adanya diskusi kelompok, eksplorasi, dan kegiatan proyek, sehingga murid memperoleh kesempatan untuk membangun pemahamannya sendiri terhadap konsep-konsep IPAS yang dipelajari. Kondisi ini berdampak positif terhadap peningkatan hasil belajar dan kemampuan berpikir kritis murid.

Selain faktor pendekatan pembelajaran, peningkatan hasil belajar juga dipengaruhi oleh pemanfaatan IFP. Kehadiran IFP menjadikan pembelajaran lebih menarik, interaktif, dan visual sehingga mampu meningkatkan motivasi belajar murid. Mayer (2021) menyatakan bahwa penggunaan multimedia yang tepat dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran, sedangkan Hattie (2023) menegaskan bahwa keterlibatan aktif murid merupakan salah satu faktor yang paling berpengaruh terhadap keberhasilan belajar. Temuan penelitian ini memperlihatkan bahwa penggunaan IFP mampu memfasilitasi kedua aspek tersebut, yaitu meningkatkan keterlibatan sekaligus membantu murid memahami materi yang bersifat abstrak.

Hasil penelitian ini juga konsisten dengan berbagai penelitian terdahulu. Wahyuni (2021) melaporkan bahwa penerapan STEM mampu meningkatkan ketuntasan belajar IPA dari 75,44% pada siklus I menjadi 92,65% pada siklus II. Rahmadani, *et al.*, (2024) menemukan bahwa pendekatan STEM pada materi penyaringan air meningkatkan ketuntasan belajar hingga mencapai 100% pada siklus II. Sugyanto (2024) juga menunjukkan bahwa pembelajaran STEM berbasis ADLX (*Active Deep Learner Experience*) mampu meningkatkan hasil belajar, literasi sains, dan keaktifan murid. Hasil penelitian ini memperkuat temuan-temuan tersebut bahwa pendekatan STEM merupakan strategi pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan hasil belajar pada jenjang sekolah dasar.

Keunggulan penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya terletak pada integrasi pendekatan STEM dengan pemanfaatan IFP dan laboratorium virtual PhET Colorado. Kombinasi tersebut memungkinkan murid memperoleh pengalaman belajar yang lebih kontekstual, interaktif, dan sesuai dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21. Dengan demikian, penerapan pendekatan STEM berbantuan IFP tidak hanya meningkatkan hasil belajar IPAS, tetapi juga memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna, kolaboratif, dan menyenangkan bagi murid.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, jumlah subyek penelitian yang hanya terdiri dari 14 murid, sehingga masih perlu banyak penyesuaian untuk dapat digeneralisasikan pada sekolah lain. Keterbatasan waktu penelitian yang hanya 2 minggu juga menyebabkan konsistensi peningkatan hasil belajar belum dapat diamati dalam jangka panjang,

4. Simpulan dan Saran

Penerapan STEM berbantuan IFP terbukti dapat meningkatkan hasil belajar IPAS murid kelas V SD Negeri Badran Yogyakarta. Pembelajaran yang dilaksanakan melalui tahapan EDP, yaitu *ask, imagine, plan, create*, dan *improve*, mampu meningkatkan keterlibatan aktif murid dalam proses pembelajaran serta membantu murid memahami konsep-konsep IPAS secara lebih mendalam melalui pengalaman belajar yang kontekstual dan bermakna.

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan persentase ketuntasan belajar dari 21,43% pada pra siklus menjadi 64,28% pada siklus I dan mencapai 78,57% pada siklus II. Hasil tersebut menunjukkan bahwa indikator keberhasilan penelitian telah tercapai, yaitu ketuntasan klasikal minimal 75%. Dengan demikian, pendekatan STEM berbantuan IFP dapat dijadikan salah satu alternatif strategi pembelajaran inovatif untuk meningkatkan hasil belajar IPAS sekaligus mendukung implementasi pembelajaran abad ke-21 dan digitalisasi pendidikan di sekolah dasar.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengimplementasikan pendekatan STEM berbantuan teknologi digital pada materi dan jenjang pendidikan yang berbeda guna memperoleh gambaran yang lebih luas mengenai efektivitas pendekatan tersebut terhadap berbagai aspek kompetensi murid.

Daftar Pustaka

- English, L.D. (2023). Ways of thinking in STEM-based problem solving. *ZDM Mathematics Education*, 55, 1219–1230. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01474-7>
- Facione, P. A. (2015). *Critical thinking: What it is and why it counts* (7th ed.). Insight Assessment.
- Komalasari, Y., Nugraha, M. E., Danim, S., & Razak, A. Z. A. (2024). Implementation of STEM learning with a scientific approach to improving critical, creative thinking, and learning outcomes. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 13(2), 182–194. <https://doi.org/10.15294/nkwfa914>
- Halimah, S., & Supriatna, E. (2025). Pengaruh pendekatan STEM terhadap hasil belajar IPAS siswa sekolah dasar. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(1), 727–731. <https://www.journal.unpas.ac.id/index.php/pendas/article/view/21473>
- Hattie, J. (2023). *Visible learning: The sequel*. Routledge.
- Jolly, A. (2016). *STEM by design: Strategies and activities for grades 4–8*. Routledge.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11), 1–11. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2022). Keputusan Kepala BSKAP Nomor 033/H/KR/2022 tentang *Capaian pembelajaran pada pendidikan anak usia dini, jenjang pendidikan dasar, dan pendidikan menengah pada Kurikulum Merdeka*. Kemendikbudristek.
- Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah. (2025). *Panduan pembelajaran mendalam (deep learning) dalam implementasi Kurikulum Merdeka*. Kemendikdasmen.
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Partnership for 21st Century Learning. (2019). *Framework for 21st century learning*. Battelle for Kids. https://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_Brief.pdf
- Piaget, J. (1977). *The Development of Thought: Equilibration of Cognitive Structures*. Viking Press.
- Rahmadani, S., Yumna, & Nurhayati. (2026). Penerapan pendekatan STEM pada materi penyaringan air untuk meningkatkan hasil belajar IPA siswa kelas IV SD. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 11(1), 172–181. <https://journal.unpas.ac.id/index.php/pendas/article/view/43760/>
- Ring-Whalen, E., Dare, E., Roehrig, G., Titu, P., & Crotty, E. (2018). From conception to curricula: The role of science, technology, engineering, and mathematics in integrated STEM units. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6(4), 343–362. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1193439.pdf>
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. Crown Business.
- Sugiyarto, W. (2024). Peningkatan kemampuan literasi sains melalui model pembelajaran STEM berbasis ADLX. *Education & Learning*, 4(1), 11–16. <https://doi.org/10.57251/el.v4i1.1276>

- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
- Wahyuni, N. P. (2021). Penerapan Pembelajaran Berbasis STEM untuk Meningkatkan Hasil

- Belajar IPA. *Journal of Education Action Research*, 5(1), 109–117.
<https://doi.org/10.23887/jear.v5i1.31554>