PENDEKATAN STEM DALAM MENJAWAB TANTANGAN PENDIDIKAN ABAD KE-21 DI INDONESIA: STUDI LITERATUR

Widy Dwi Lestari[1], Sri Aswaidar Miza[2], Dwi Feriwanti[3], Afrun Akmal[4], Rosynanda Nur Fauziah[5]
Pascasarjana Universitas Indraprasta PGRI
dwiwidylestari@gmail.com

ABSTRACT

Twenty-first century education requires students to possess critical, creative, collaborative, and communicative thinking skills, as well as adequate literacy and numeracy competencies. However, the education system in Indonesia still faces various challenges, including low levels of higher-order thinking skills, disparities in the utilization of educational technology, and the need for contextual and interdisciplinary learning approaches. One approach considered relevant in addressing these challenges is the Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach. This study aims to analyze the role and relevance of the STEM approach in responding to the challenges of twenty-first century education in Indonesia through a literature review method. The research method employed is a literature study that examines scientific articles, conference proceedings, and both national and international publications related to STEM-based learning. The findings indicate that the STEM approach effectively promotes the development of twenty-first century skills, enhances students' scientific literacy and numeracy, and fosters meaningful and contextual learning experiences. Therefore, the STEM approach has significant potential to be implemented as an innovative instructional strategy to support educational transformation and improvement in Indonesia.

Keywords: STEM approach, twenty-first century education, literature review, Indonesian education

ABSTRAK

Pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif serta kemampuan literasi dan numerasi yang memadai. Namun, dunia pendidikan di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, seperti rendahnya keterampilan berpikir tingkat tinggi, kesenjangan pemanfaatan teknologi, serta kebutuhan akan pembelajaran yang kontekstual dan interdisipliner. Salah satu pendekatan yang dinilai relevan dalam menjawab tantangan tersebut adalah pendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran dan relevansi pendekatan STEM dalam menjawab tantangan pendidikan abad ke-21 di Indonesia melalui metode studi literatur. Metode penelitian yang digunakan adalah

studi literatur dengan mengkaji berbagai artikel ilmiah, prosiding, dan publikasi nasional maupun internasional yang relevan dengan pembelajaran STEM. Hasil kajian menunjukkan bahwa pendekatan STEM mampu mendorong pengembangan keterampilan abad ke-21, meningkatkan literasi sains dan numerasi, serta menciptakan pembelajaran yang bermakna dan kontekstual. Dengan demikian, pendekatan STEM memiliki potensi besar untuk diterapkan sebagai strategi pembelajaran inovatif dalam mendukung transformasi pendidikan di Indonesia.

Kata kunci: pendekatan STEM, pendidikan abad ke-21, studi literatur, pendidikan Indonesia

A. Pendahuluan

Pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik tidak hanya menguasai pengetahuan faktual, tetapi juga memiliki kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif, serta literasi sains dan numerasi yang memadai sebagai bekal menghadapi perubahan global yang berlangsung sangat cepat (OECD, 2019). Perkembangan teknologi dan semakin kompleksnya permasalahan dalam kehidupan modern menuntut proses pembelajaran yang mampu menghubungkan pengetahuan dengan konteks nyata, sehingga peserta didik dapat menerapkan apa yang dipelajari dalam berbagai situasi lintas disiplin.

Dalam konteks pendidikan di Indonesia, tuntutan tersebut belum sepenuhnya terjawab secara optimal. Hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2018 dan 2022 menunjukkan bahwa capaian literasi membaca, matematika, dan sains peserta didik Indonesia masih berada di bawah rata-rata negara-negara anggota OECD (OECD, 2019; OECD, 2023). Kondisi ini mengindikasikan bahwa penguasaan kompetensi dasar yang menjadi fondasi keterampilan abad ke-21 masih perlu ditingkatkan. Sejalan dengan temuan tersebut, beberapa penelitian mengungkapkan bahwa praktik pembelajaran di sekolah masih cenderung bersifat *teacher-centered* dan belum secara konsisten mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*) peserta didik (Retnawati et al., 2018; Sani, 2019).

Salah satu pendekatan pembelajaran yang dipandang relevan untuk menjawab tantangan tersebut

adalah pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM). Pendekatan STEM menekankan integrasi sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam proses pembelajaran, terutama melalui aktivitas pemecahan masalah nyata yang bersifat kontekstual dan sistematis (Kelley & Knowles, 2016). Dalam perkembangannya, pendekatan STEM tidak hanya dipahami sebagai penggabungan beberapa mata pelajaran, tetapi juga sebagai strategi pembelajaran yang mendorong peserta didik untuk mengaitkan pengetahuan konseptual dengan keterampilan praktis serta pengalaman belajar yang autentik (Li et al., 2020).

Berbagai penelitian empiris dalam satu dekade terakhir menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21, peningkatan literasi sains, serta kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik (Thibaut et al., 2018; Wahono, Lin, & Chang, 2020). Selain itu, pendekatan STEM juga dinilai selaras dengan arah kebijakan pendidikan di Indonesia, khususnya dalam implementasi Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran bermakna, kontekstual, dan berpusat pada peserta didik (Kemendikbudristek, 2022).

Namun demikian, kajian mengenai pendekatan STEM di Indonesia hingga saat ini masih menunjukkan kecenderungan fokus pada implementasi di kelas dan pengaruhnya terhadap hasil belajar pada mata pelajaran atau jenjang pendidikan tertentu. Sementara itu, telaah yang mengkaji secara menyeluruh peran pendekatan STEM dalam menjawab tantangan pendidikan abad ke-21 di Indonesia melalui sintesis temuan-temuan penelitian yang telah ada masih relatif terbatas. Padahal, kajian semacam ini penting untuk memperoleh gambaran yang lebih utuh mengenai kontribusi, kecenderungan, serta implikasi pendekatan STEM bagi pengembangan pembelajaran dan kebijakan pendidikan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif peran pendekatan STEM dalam menjawab tantangan pendidikan abad ke-21 di Indonesia melalui metode studi literatur. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi rujukan teoretis dan

empiris bagi pendidik, peneliti, serta pengambil kebijakan dalam merancang dan mengembangkan strategi pembelajaran yang relevan dengan kebutuhan pendidikan masa kini.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian studi literatur (literature review) yang bertujuan untuk mengkaji dan menganalisis berbagai hasil penelitian terkait pendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) dalam menjawab tantangan pendidikan abad ke-21 di Indonesia. Studi literatur dipilih karena memungkinkan peneliti memperoleh gambaran komprehensif mengenai konsep, temuan empiris, serta tren penelitian STEM berdasarkan sumber-sumber ilmiah yang relevan dan kredibel.

Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini berasal dari:

1. Jurnal nasional terakreditasi (SINTA 1–6),
2. Jurnal internasional bereputasi (terindeks Scopus dan/atau Web of Science),
3. Prosiding seminar ilmiah nasional dan internasional,
4. Buku ilmiah dan dokumen resmi yang relevan dengan pendidikan STEM dan pendidikan abad ke-21.

Penelusuran literatur dilakukan melalui basis data ilmiah seperti Google Scholar, ScienceDirect, SpringerLink, dan Taylor & Francis Online, serta laman resmi lembaga internasional dan nasional seperti OECD dan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia.

Kriteria Pemilihan Literatur

Literatur yang digunakan dalam penelitian ini dipilih berdasarkan kriteria sebagai berikut:

1. Publikasi ilmiah yang terbit dalam 10 tahun terakhir (2015–2025),
2. Membahas secara eksplisit pendekatan STEM, pendidikan abad ke-21, keterampilan abad ke-21, literasi sains dan numerasi, atau implementasi STEM dalam pembelajaran,
3. Berasal dari sumber yang kredibel dan dapat dipertanggungjawabkan,
4. Relevan dengan konteks pendidikan, khususnya pendidikan di Indonesia atau

negara dengan karakteristik pendidikan yang sebanding,

5. Artikel tersedia dalam bentuk teks lengkap (full text).

Literatur yang tidak relevan dengan fokus penelitian, bersifat opini tanpa dasar ilmiah, atau tidak melalui proses peer-review dikeluarkan dari kajian.

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran, seleksi, dan dokumentasi literatur yang sesuai dengan kata kunci seperti *STEM education*, *21st century skills*, *STEM learning*, dan *pendidikan abad ke-21*. Selanjutnya, data dianalisis menggunakan analisis isi (content analysis) dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi konsep utama dan temuan penelitian terkait pendekatan STEM,
2. Mengelompokkan hasil penelitian berdasarkan tema, seperti tantangan pendidikan abad ke-21, karakteristik pembelajaran STEM, dan dampak penerapan STEM,
3. Membandingkan dan mensintesis temuan dari berbagai sumber untuk memperoleh kesimpulan yang komprehensif,
4. Menarik implikasi teoretis dan praktis terkait penerapan pendekatan STEM dalam konteks pendidikan di Indonesia.

Hasil analisis kemudian disajikan secara deskriptif-analitis untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai peran pendekatan STEM dalam menjawab tantangan pendidikan abad ke-21.Pada bagian ini menjelaskan metodologi yang digunakan dalam penelitian yang dianggap perlu untuk memperkuat naskah yang dipublikasikan.

C.Hasil Penelitian dan Pembahasan

Konsep dan Karakteristik Pendekatan STEM

Pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) dipahami sebagai pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan empat disiplin ilmu, yaitu sains, teknologi, rekayasa, dan matematika, dalam upaya memecahkan permasalahan nyata melalui proses berpikir yang ilmiah dan sistematis. Kelley dan Knowles (2016) menegaskan bahwa integrasi dalam pendekatan STEM bersifat

holistik dan saling terkait, bukan sekadar penggabungan disiplin ilmu secara terpisah, melainkan berfokus pada pemecahan masalah autentik. Pandangan ini sejalan dengan English (2016) yang menyatakan bahwa pendekatan STEM bertujuan menjembatani pengetahuan konseptual dengan penerapannya dalam konteks kehidupan nyata secara bermakna.

Dalam satu dekade terakhir, pendekatan STEM semakin memperoleh perhatian dalam pendidikan global karena dinilai mampu membekali peserta didik dengan kompetensi yang dibutuhkan untuk menghadapi kompleksitas tantangan abad ke-21, khususnya dalam hal inovasi, kreativitas, dan kemampuan pemecahan masalah (Marginson et al., 2013; Li et al., 2020). Hal ini menunjukkan bahwa STEM tidak hanya dipandang sebagai pendekatan pedagogis, tetapi juga sebagai strategi pengembangan sumber daya manusia yang adaptif terhadap perkembangan zaman.

Pembelajaran berbasis STEM memiliki sejumlah prinsip utama, antara lain berorientasi pada pemecahan masalah dunia nyata, bersifat interdisipliner, berpusat pada peserta didik, serta menekankan proses inkuiri dan desain rekayasa sebagai bagian integral dari pembelajaran (Stohlmann et al., 2012; Thibaut et al., 2018). Selain itu, pendekatan STEM menekankan pentingnya kolaborasi antarpeserta didik, pemanfaatan teknologi sebagai sarana pendukung pembelajaran, serta refleksi terhadap proses dan hasil belajar (Honey et al., 2014).

Karakteristik pembelajaran STEM tercermin melalui penggunaan konteks kehidupan sehari-hari, penerapan aktivitas berbasis proyek, serta keterlibatan aktif peserta didik dalam merancang, menguji, dan mengevaluasi solusi terhadap suatu permasalahan. Melalui karakteristik tersebut, peserta didik diharapkan mampu membangun pemahaman yang lebih mendalam sekaligus aplikatif terhadap konsep yang dipelajari (Becker & Park, 2011; Fitzallen, 2015).

Pendidikan abad ke-21 menekankan pentingnya penguasaan keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif yang dikenal sebagai keterampilan 4C (*critical thinking, creativity, collaboration,* dan *communication*) (Partnership for 21st Century

Learning, 2019). Namun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa pengembangan keterampilan tersebut dalam konteks pendidikan di Indonesia masih menghadapi sejumlah tantangan. Retnawati et al. (2018) serta Widodo dan Kadarwati (2021) mengungkapkan bahwa praktik pembelajaran di kelas masih cenderung berfokus pada penguasaan pengetahuan faktual dan prosedural, sehingga belum secara optimal melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills* atau HOTS).

Literasi sains dan numerasi merupakan indikator penting dalam menilai kualitas pendidikan suatu negara. Hasil Programme for International Student Assessment (PISA) tahun 2018 dan 2022 menunjukkan bahwa capaian literasi membaca, matematika, dan sains peserta didik Indonesia masih berada di bawah rata-rata negara-negara OECD (OECD, 2019; OECD, 2023). Temuan tersebut mengindikasikan perlunya pendekatan pembelajaran yang mampu mengaitkan konsep akademik dengan konteks kehidupan nyata, sehingga peserta didik tidak hanya memahami konsep secara teoretis, tetapi juga mampu menerapkannya secara fungsional dalam kehidupan sehari-hari (OECD, 2021).

Tantangan lain dalam pendidikan abad ke-21 berkaitan dengan integrasi teknologi dalam proses pembelajaran. Meskipun perkembangan teknologi digital berlangsung pesat, pemanfaatannya di lingkungan sekolah masih relatif terbatas dan sering kali hanya digunakan sebagai media penyampaian informasi. Pemanfaatan teknologi untuk mendukung pembelajaran berbasis pemecahan masalah, kolaborasi, dan proyek belum dilakukan secara optimal (Kemendikbud, 2020; Kemendikbudristek, 2022). Padahal, teknologi memiliki potensi besar dalam menciptakan pembelajaran yang lebih interaktif, kolaboratif, dan bermakna.

Pendekatan STEM memiliki kontribusi yang signifikan dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, serta penalaran matematis peserta didik (Afriana et al., 2016; Herman et

al., 2018). Temuan ini diperkuat oleh Wahono et al. (2020) yang menyatakan bahwa penerapan pendekatan STEM secara konsisten memberikan dampak positif terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21, khususnya di negara-negara kawasan Asia.

Pendekatan STEM juga berperan penting dalam mendorong pembelajaran yang bersifat kontekstual dengan mengaitkan materi pelajaran pada permasalahan nyata yang dekat dengan kehidupan peserta didik. Thibaut et al. (2018) dan English (2016) menegaskan bahwa pembelajaran STEM membantu peserta didik memahami keterkaitan antara konsep teoretis dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga pada kemampuan menerapkan pengetahuan secara nyata dan bermakna.

Dalam konteks kebijakan pendidikan di Indonesia, pendekatan STEM dinilai selaras dengan prinsip Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berpusat pada peserta didik, kontekstual, serta penguatan kompetensi abad ke-21 (Kemendikbudristek, 2022). Kurikulum Merdeka mendorong penerapan pembelajaran berbasis proyek dan pemecahan masalah, yang merupakan karakteristik utama pendekatan STEM (Nurhasanah & Widodo, 2023). Oleh karena itu, pendekatan STEM memiliki potensi strategis sebagai salah satu pendekatan pembelajaran yang efektif dalam mendukung implementasi Kurikulum Merdeka di satuan pendidikan.

Penerapan pendekatan STEM menuntut perubahan peran guru dalam proses pembelajaran. Guru tidak lagi berfokus pada penyampaian materi semata, melainkan berperan sebagai fasilitator yang merancang pengalaman belajar yang bersifat interdisipliner dan kontekstual. Dalam pembelajaran STEM, guru membimbing peserta didik melalui proses inkuiri, pemecahan masalah, serta perancangan dan pengujian solusi terhadap permasalahan nyata (Kelley & Knowles, 2016; Thibaut et al., 2018). Oleh karena itu, guru perlu memiliki pemahaman konseptual yang memadai mengenai karakteristik pembelajaran STEM, disertai keterampilan pedagogis yang

mendukung pembelajaran berbasis proyek dan berbasis masalah.

Selain aspek perancangan pembelajaran, pendekatan STEM juga mendorong guru untuk mengembangkan sistem asesmen yang tidak hanya menilai hasil akhir, tetapi juga proses belajar peserta didik secara menyeluruh. Asesmen dalam pembelajaran STEM mencakup keterampilan berpikir tingkat tinggi, kemampuan bekerja sama, serta kreativitas peserta didik (Sani, 2019). Kondisi ini menunjukkan pentingnya peningkatan kompetensi profesional guru melalui pelatihan berkelanjutan, pendampingan, dan penguatan komunitas belajar guru agar implementasi pembelajaran STEM dapat berlangsung secara efektif dan berkelanjutan (Retnawati et al., 2018).

Dari sisi peserta didik, pendekatan STEM memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna karena materi pembelajaran dikaitkan dengan permasalahan nyata yang dekat dengan kehidupan sehari-hari. Melalui keterlibatan aktif dalam kegiatan pembelajaran berbasis STEM, peserta didik berkesempatan untuk mengembangkan berbagai keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif (Wahono et al., 2020; Partnership for 21st Century Learning, 2019).

Selain itu, pembelajaran STEM berkontribusi dalam meningkatkan literasi sains dan numerasi, serta kemampuan pemecahan masalah peserta didik. Pendekatan yang bersifat kontekstual dan berbasis proyek memungkinkan peserta didik mengaitkan konsep teoretis dengan penerapannya dalam situasi nyata, sehingga mendorong terbentuknya pemahaman yang lebih mendalam dan berkelanjutan (Afriana et al., 2016; Herman et al., 2018). Dengan pengalaman belajar semacam ini, peserta didik diharapkan memiliki kesiapan yang lebih baik dalam menghadapi tantangan pendidikan lanjutan maupun tuntutan dunia kerja di masa depan.

Penerapan pendekatan STEM juga memiliki implikasi yang signifikan terhadap perumusan dan pelaksanaan kebijakan pendidikan, khususnya dalam mendukung transformasi pembelajaran yang sesuai dengan tuntutan abad ke-21. Kebijakan pendidikan perlu memberikan ruang yang lebih fleksibel bagi satuan pendidikan dan guru

untuk mengembangkan pembelajaran berbasis STEM, termasuk melalui penguatan pembelajaran berbasis proyek serta integrasi lintas mata pelajaran (Kemendikbudristek, 2022).

Selain itu, dukungan kebijakan diperlukan dalam bentuk penyediaan sarana dan prasarana pembelajaran yang memadai, peningkatan kapasitas dan profesionalisme guru, serta pengintegrasian pendekatan STEM dalam kurikulum dan sistem asesmen nasional. OECD (2021) menegaskan bahwa kebijakan pendidikan yang secara konsisten mendukung penguatan literasi sains, numerasi, serta pemanfaatan teknologi secara efektif menjadi salah satu kunci peningkatan kualitas pendidikan abad ke-21. Dengan demikian, pendekatan STEM dapat dijadikan sebagai landasan strategis dalam perumusan kebijakan pendidikan yang berorientasi pada peningkatan mutu dan pemerataan pendidikan di Indonesia.

E. Kesimpulan

Berdasarkan hasil *systematic literature review* yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) merupakan salah satu pendekatan pembelajaran yang relevan untuk menjawab berbagai tantangan pendidikan abad ke-21 di Indonesia. Hasil kajian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM berperan dalam mengembangkan keterampilan abad ke-21 peserta didik, terutama kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif, serta mendukung peningkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*). Selain itu, pendekatan STEM juga memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan literasi sains dan numerasi melalui pembelajaran yang bersifat kontekstual dan berorientasi pada pemecahan masalah nyata.

Temuan kajian ini juga menunjukkan bahwa pendekatan STEM memiliki kesesuaian yang kuat dengan konteks dan arah kebijakan pendidikan nasional. Karakteristik pembelajaran STEM yang interdisipliner, berpusat pada peserta didik, dan berbasis proyek sejalan dengan prinsip Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran bermakna serta penguatan kompetensi abad ke-21. Dengan demikian, pendekatan STEM memiliki potensi strategis untuk

diimplementasikan secara lebih luas sebagai upaya meningkatkan kualitas pembelajaran dan mempersiapkan peserta didik dalam menghadapi tantangan global yang semakin kompleks.

Berdasarkan simpulan tersebut, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji penerapan pendekatan STEM secara empiris pada berbagai jenjang pendidikan melalui desain penelitian eksperimen atau *quasi-experimental*. Selain itu, kajian lanjutan juga perlu mengeksplorasi integrasi pendekatan STEM dengan pemanfaatan teknologi digital dan kearifan lokal, serta menganalisis tantangan dan strategi implementasi STEM di sekolah-sekolah yang memiliki keterbatasan sarana dan prasarana. Penelitian-penelitian tersebut diharapkan dapat memperkaya bukti empiris dan memberikan kontribusi yang lebih kuat dalam pengembangan kebijakan dan praktik pendidikan berbasis STEM di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Project-based learning integrated to STEM to enhance elementary school students' scientific literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 5*(2), 261–267. https://doi.org/10.15294/jpii.v5i2.5493

Becker, K., & Park, K. (2011). Integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A meta-analysis. *Journal of STEM Education, 12*(5), 23–37.

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington, VA: NSTA Press.

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

Fitzallen, N. (2015). STEM education: What does mathematics have to offer? *Australian Mathematics Teacher, 71*(3), 8–13.

Herman, T., Widodo, S. A., & Turmudi. (2018). The enhancement of students' mathematical problem-solving ability through STEM-based learning. *Journal of Physics: Conference Series, 1013*, 012131. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012131

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K–12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: National Academies Press.

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education, 3*(11), 1–11. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Kemendikbud. (2020). *Kebijakan Merdeka Belajar*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

Kemendikbudristek. (2022). *Panduan pembelajaran dan asesmen Kurikulum Merdeka*. Jakarta: Kemendikbudristek.

Li, Y., Froyd, J. E., & Wang, K. (2020). Learning about research and practice in STEM education. *International Journal of STEM Education, 7*(1), 1–5. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00213-8

Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., & Roberts, K. (2013). *STEM: Country comparisons*. Melbourne: Australian Council of Learned Academies.

Nurhasanah, N., & Widodo, A. (2023). Implementasi Kurikulum Merdeka dalam pembelajaran sains berbasis STEM. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia, 11*(2), 456–468.

OECD. (2019). *PISA 2018 results (Volume I): What students know and can do*. Paris: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/5f07c754-en

OECD. (2021). *21st-century readers: Developing literacy skills in a digital world*. Paris: OECD Publishing.

OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. Paris: OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/53f23881-en

Partnership for 21st Century Learning. (2019). *Framework for 21st century learning*. Washington, DC: P21.

Retnawati, H., Djidu, H., Kartianom, Apino, E., & Anazifa, R. D. (2018). Teachers' knowledge about higher-order thinking skills and its learning strategy. *Problems of Education in the 21st Century, 76*(2), 215–230.

Sani, R. A. (2019). *Pembelajaran berbasis HOTS*. Jakarta: Bumi Aksara.

Siregar, N. A. R., & Surya, E. (2017). Analysis of students' critical thinking ability in mathematics learning using problem-based learning. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research, 33*(3), 133–140.

Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research, 2*(1), 28–34.

Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyven, K., & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices. *International Journal of STEM Education, 5*(12), 1–12. https://doi.org/10.1186/s40594-018-0107-5

Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Wahono, B., Lin, P. L., & Chang, C. Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. *International Journal of STEM Education, 7*(36), 1–18. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00236-1

Widodo, A., & Kadarwati, S. (2021). Higher order thinking skills-based learning in science classrooms. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 10*(2), 215–226.

Yıldırım, B., & Altun, Y. (2015). STEM education and science teachers: A meta-analysis study. *Educational Sciences: Theory & Practice, 15*(6), 1627–1646.