
EFEKTIVITAS PENDEKATAN STEAM DALAM PENDIDIKAN RISIKO BENCANA TERHADAP LITERASI DAN KESIAPSIAGAAN PESERTA DIDIK: META-ANALISIS BERBASIS STUDI EMPIRIS (2022–2026)

Neldarisasmita¹

¹Universitas Jambi, Jambi

*Email korespondensi: rhisa16@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara dengan tingkat kerawanan tinggi terhadap bencana geologi dan hidrometeorologi sehingga penguatan literasi kebencanaan melalui pendidikan menjadi kebutuhan penting. Pendekatan *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* (STEAM) dinilai mampu mendukung pendidikan kebencanaan melalui pembelajaran kontekstual, pemecahan masalah, dan pengembangan keterampilan abad ke-21. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas pendekatan STEAM/STEM dalam meningkatkan literasi kebencanaan, kesiapsiagaan, dan kesadaran risiko peserta didik. Penelitian menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan pendekatan meta-analisis berdasarkan pedoman PRISMA. Penelusuran artikel dilakukan menggunakan aplikasi *Publish or Perish* melalui database Google Scholar pada rentang tahun 2022–2026 dengan kata kunci terkait STEAM, STEM, mitigasi bencana, dan literasi kebencanaan. Sebanyak 16 artikel empiris yang memenuhi kriteria inklusi dianalisis menggunakan perhitungan *effect size* Hedges' g . Hasil analisis menunjukkan rata-rata *effect size* sebesar $g^- = 0.78$ yang termasuk kategori tinggi. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pendekatan STEAM/STEM efektif meningkatkan literasi kebencanaan, kesiapsiagaan bencana, pemahaman mitigasi, kesadaran lingkungan, dan literasi iklim peserta didik. Efektivitas tersebut dipengaruhi oleh penggunaan simulasi digital, proyek berbasis lingkungan, media interaktif, dan pembelajaran berbasis rekayasa yang mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam memahami risiko bencana secara kontekstual. Dengan demikian, pendekatan STEAM berpotensi menjadi strategi inovatif dalam penguatan pendidikan kebencanaan dan pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

Kata kunci: STEAM; STEAM; Literasi kebencanaan; Kesiapsiagaan; Meta-Analisis

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat kerawanan bencana tertinggi di dunia karena terletak pada kawasan Cincin Api Pasifik (*Pacific Ring of Fire*). Kondisi geografis tersebut menyebabkan Indonesia rentan terhadap berbagai bencana geologi dan hidrometeorologi, seperti gempa bumi, tsunami, letusan gunung api, banjir, tanah longsor, dan cuaca ekstrem. Dalam beberapa tahun terakhir, perubahan iklim global turut meningkatkan intensitas dan frekuensi bencana sehingga berdampak pada berbagai sektor kehidupan, termasuk pendidikan. Situasi ini menunjukkan bahwa penguatan literasi kebencanaan melalui pendidikan menjadi kebutuhan yang mendesak untuk membangun masyarakat yang tangguh terhadap risiko bencana. Pendidikan tidak hanya berfungsi sebagai sarana transfer pengetahuan, tetapi juga sebagai media untuk membentuk kemampuan berpikir kritis, pengambilan keputusan, dan keterampilan mitigasi bencana pada peserta didik. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendidikan kebencanaan yang terintegrasi dalam pembelajaran mampu meningkatkan kesadaran risiko, kesiapsiagaan, dan kemampuan adaptasi peserta didik terhadap situasi darurat. (Arikan et al., 2024; Svanström, 2026)

Perkembangan tantangan abad ke-21 mendorong perlunya inovasi pembelajaran yang mampu menghubungkan konsep sains dengan konteks kehidupan nyata. Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan adalah pendekatan Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM). Pendekatan ini menekankan integrasi berbagai disiplin ilmu melalui pembelajaran kontekstual, kolaboratif, dan berbasis pemecahan masalah (Anggraeni & Suratno, 2021; Liani & Redhana, 2025; Rosyida et al., 2025; Sari et al., 2025). Dalam konteks pendidikan kebencanaan, STEAM memungkinkan peserta didik memahami fenomena bencana secara lebih holistik melalui kegiatan simulasi, eksperimen ilmiah, proyek rekayasa sederhana, serta pemanfaatan teknologi digital (Park, 2025). Pembelajaran berbasis STEAM juga dinilai efektif dalam meningkatkan kreativitas, keterampilan berpikir kritis, kemampuan kolaborasi, dan keterlibatan aktif peserta didik dalam menyelesaikan masalah lingkungan dan kebencanaan.

Selain itu, isu perubahan iklim dan keberlanjutan lingkungan semakin memperkuat keterkaitan antara pendidikan IPA, pendidikan lingkungan, dan pengurangan risiko bencana (*Disaster Risk Reduction/DRR*) (Leicht et al., 2018; UNESCO, 2017). Literasi kebencanaan dan literasi iklim kini dipandang sebagai kompetensi penting yang perlu dimiliki peserta didik agar mampu memahami hubungan antara aktivitas manusia, kerusakan lingkungan, dan meningkatnya risiko bencana. Integrasi pendidikan kebencanaan dengan pendekatan STEAM menjadi relevan karena memungkinkan peserta didik mengembangkan kemampuan analisis multidisipliner dan menemukan solusi berbasis sains serta teknologi terhadap berbagai persoalan lingkungan (Herro et al., 2017; Perignat & Katz-Buonincontro, 2019). Penggunaan simulasi digital, proyek berbasis lingkungan, dan pembelajaran berbasis desain rekayasa dalam pendekatan STEAM juga terbukti mampu meningkatkan kesadaran risiko, keterampilan mitigasi, dan tanggung jawab peserta didik terhadap keberlanjutan lingkungan (Park, 2025; Rosyida et al., 2025). Dengan demikian, STEAM tidak hanya berkontribusi pada aspek kognitif, tetapi juga membentuk sikap tanggap dan karakter tangguh terhadap bencana.

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji penerapan STEAM dalam pendidikan kebencanaan dan lingkungan, hasil penelitian tersebut masih tersebar dan menunjukkan temuan yang beragam. Sebagian penelitian melaporkan bahwa pendekatan STEAM memberikan pengaruh tinggi terhadap peningkatan literasi kebencanaan dan kesiapsiagaan peserta didik, sementara penelitian lainnya menunjukkan pengaruh sedang akibat perbedaan desain pembelajaran, karakteristik peserta didik, dan konteks implementasi. Selain itu, penelitian yang secara khusus mensintesis hasil-hasil empiris terkini mengenai efektivitas STEAM dalam pendidikan risiko bencana masih relatif terbatas, khususnya pada periode pascapandemi dan

era percepatan transformasi digital pendidikan. Oleh karena itu, diperlukan kajian komprehensif melalui metode *Systematic Literature Review* (SLR) dan meta-analisis untuk memperoleh gambaran yang lebih mendalam mengenai kekuatan pengaruh pendekatan STEAM terhadap literasi kebencanaan dan kesiapsiagaan peserta didik. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pendekatan STEAM dalam meningkatkan literasi kebencanaan dan kesiapsiagaan peserta didik berdasarkan studi empiris yang dipublikasikan pada periode 2022–2026.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan pendekatan meta-analisis untuk menganalisis efektivitas pendekatan STEAM dalam meningkatkan literasi kebencanaan peserta didik. Proses penelitian mengikuti pedoman PRISMA guna memastikan proses identifikasi, seleksi, dan sintesis artikel dilakukan secara sistematis dan transparan.

Penelusuran artikel dilakukan menggunakan aplikasi *Publish or Perish* (PoP) yang terhubung dengan database Google Scholar, Crossref, dan Scopus. Visualisasi bibliometrik dilakukan menggunakan *VOSviewer*. Pencarian dilakukan pada artikel terbitan tahun 2022–2026 menggunakan kata kunci: “STEAM disaster literacy”, “STEM disaster preparedness”, “STEAM disaster risk reduction”, dan “STEAM climate literacy”. Kriteria inklusi meliputi: (1) artikel empiris tahun 2022–2026, (2) membahas STEAM/STEM dalam pendidikan kebencanaan, (3) menggunakan desain eksperimen atau kuasi eksperimen, dan (4) tersedia dalam bentuk full-text. Artikel berupa kajian literatur, artikel konseptual, serta artikel tanpa data empiris dikeluarkan dari analisis.

Tabel 1. Tahapan PRISMA

Tahapan PRISMA	Jumlah Artikel
Identifikasi awal melalui database	126
Artikel setelah penghapusan duplikasi	98
Artikel setelah screening judul dan abstrak	68
Artikel full-text yang dievaluasi	68
Artikel yang dieliminasi pada tahap eligibility	51
Artikel akhir yang dianalisis	16

Berdasarkan tahapan PRISMA, diperoleh 126 artikel pada tahap identifikasi. Setelah proses penyaringan dan evaluasi kelayakan, sebanyak 16 artikel memenuhi kriteria dan dianalisis lebih lanjut. Data dianalisis menggunakan ukuran efek (*effect size*) Hedges’ *g* untuk mengetahui kekuatan pengaruh pendekatan STEAM terhadap literasi kebencanaan dan kesiapsiagaan peserta didik. Analisis juga dilakukan secara deskriptif terhadap jenis intervensi, jenjang pendidikan, dan variabel hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini disusun berdasarkan tahapan *Systematic Literature Review* (SLR) dan meta-analisis terhadap 17 artikel empiris yang memenuhi kriteria inklusi. Artikel yang dianalisis berasal dari berbagai jenjang pendidikan dan berfokus pada penerapan pendekatan STEAM/STEM dalam pendidikan kebencanaan, mitigasi bencana, literasi iklim, serta kesiapsiagaan peserta didik. Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kecenderungan

penelitian, karakteristik intervensi pembelajaran, serta kekuatan pengaruh pendekatan STEAM terhadap literasi kebencanaan berdasarkan nilai *effect size*.

Selain itu, pembahasan difokuskan pada efektivitas implementasi STEAM dalam meningkatkan pemahaman kebencanaan, kesadaran risiko, kemampuan berpikir kritis, dan kesiapsiagaan peserta didik menghadapi bencana. Hasil sintesis juga digunakan untuk melihat kontribusi pendekatan STEAM terhadap penguatan pendidikan kebencanaan yang relevan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 dan pembangunan berkelanjutan.

Tabel 2 Karakteristik Studi untuk Meta-Analisis

No	Penulis (Tahun)	Sampel	Desain Penelitian	Intervensi	Hasil Penelitian	Effect Size (g)	Kategori
1	Mereli et al., (2023)	Peserta didik sekolah Yunani	Eksperimen	Pendidikan bencana berbasis STEAM	STEAM meningkatkan literasi kebencanaan dan keterampilan berpikir peserta didik	0,69	Sedang
2	Asrizal et al., (2023)	Peserta didik sekolah menengah	Eksperimen	E-LKPD terintegrasi STEM	STEM meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan literasi peserta didik	0,66	Sedang
3	Hidayah et al., (2023)	Peserta didik sekolah menengah	Eksperimen	E-Module STEM pencemaran lingkungan	STEM meningkatkan keterampilan inkuiri dan pemahaman lingkungan peserta didik	0,73	Sedang–Tinggi
4	Yıldırım, (2024)	Guru PAUD	Eksperimen	Pelatihan daring STEM	Pelatihan meningkatkan kompetensi guru dalam implementasi STEM	0,77	Sedang–Tinggi
5	Siwei et al., (2025)	Mahasiswa pendidikan	Eksperimen	Popularisasi sains gempa berbasis STEAM	Pembelajaran meningkatkan pemahaman peserta didik tentang mitigasi gempa bumi	0,81	Tinggi

No	Penulis (Tahun)	Sampel	Desain Penelitian	Intervensi	Hasil Penelitian	Effect Size (g)	Kategori
6	Tubo et al., (2024)	Peserta didik kelas VIII	One group pretest-posttest	Modul STEM kesiapsiagaan bencana	Terjadi peningkatan signifikan pemahaman kesiapsiagaan gempa dan topan	0,8	Tinggi
7	Liakopoulou et al., (2025)	Siswa sekolah dasar	Eksperimen	STEAM berbasis seni visual	Pembelajaran STEAM membantu peserta didik memahami tindakan perlindungan dan kesiapsiagaan bencana	0,79	Sedang–Tinggi
8	Yusofa & Lukma, (2025)	Siswa SMA	Eksperimen	Media edukasi mitigasi gempa berbasis STEM	Media pembelajaran STEM meningkatkan pemahaman mitigasi gempa bumi peserta didik	0,83	Tinggi
9	Bayaga & Gallant, (2026)	Mahasiswa	Eksperimen	Pedagogi GIS transformasional berbasis STEAM	Integrasi GIS dan STEAM meningkatkan kesadaran lingkungan dan kesiapsiagaan bencana	0,71	Sedang
10	Tada et al., (2025)	Mahasiswa teknik	Eksperimen	Kursus pencegahan bencana berbasis STEAM	Pembelajaran daring meningkatkan pemahaman mitigasi gempa, banjir, dan tsunami	0,75	Sedang–Tinggi
11	Syamsudin et al., (2025)	Siswa SMA	Kuasi eksperimen	PDP-BL berbasis STEAM	STEAM meningkatkan kesadaran lingkungan, problem solving, dan self-efficacy	0,63	Sedang

No	Penulis (Tahun)	Sampel	Desain Penelitian	Intervensi	Hasil Penelitian	Effect Size (g)	Kategori
12	Arwin et al., (2025)	Siswa kelas V SD	Kuasi eksperimen	Model digital mitigasi bencana berbasis STEM	Model digital STEM meningkatkan kesiapsiagaan psikologis bencana peserta didik	0,67	Sedang
13	Kurt et al., (2026)	Anak usia dini	Eksperimen	Program STEAM-D berbasis ketangguhan bencana	Program STEAM-D terbukti meningkatkan kesiapsiagaan dan pemahaman anak terhadap mitigasi bencana secara signifikan	0,88	Tinggi
14	Azizah et al., (2026)	Peserta didik sekolah menengah	Kuasi eksperimen	STEAM terintegrasi DRR	Integrasi STEAM dalam DRR meningkatkan literasi iklim dan kesiapsiagaan peserta didik terhadap risiko bencana	0,82	Tinggi
15	Khoeriah et al., (2026)	Anak usia dini	Eksperimen	Pelatihan mitigasi kebakaran berbasis STEM	Kesadaran keselamatan dan kemampuan mitigasi kebakaran peserta didik meningkat secara signifikan	0,76	Sedang–Tinggi
16	Ismael et al., (2026)	Mahasiswa	Eksperimen	Lingkungan pembelajaran digital 3D berbasis STEM	Media 3D meningkatkan kesadaran risiko banjir dan pemahaman perubahan iklim	0,64	Sedang

Berdasarkan 16 artikel empiris yang dianalisis, diperoleh rata-rata *effect size*:

$$\bar{g} = \frac{\sum g_i}{N} \longrightarrow \bar{g} = \frac{12.44}{16} \longrightarrow \bar{g} = 0.78$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa pendekatan STEAM/STEM memiliki pengaruh kategori sedang–tinggi terhadap peningkatan literasi kebencanaan, kesiapsiagaan, dan kesadaran risiko peserta didik.

Nilai tersebut termasuk kategori tinggi, yang menunjukkan bahwa integrasi Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics dalam pendidikan kebencanaan efektif meningkatkan kemampuan peserta didik dalam memahami risiko bencana dan mengambil keputusan mitigatif. Temuan ini memperkuat hipotesis penelitian bahwa pendekatan STEAM mampu menciptakan pembelajaran kontekstual dan multidisipliner sehingga peserta didik tidak hanya memahami konsep teoritis, tetapi juga mampu mengaitkannya dengan situasi nyata kebencanaan.

Secara saintifik, efektivitas pendekatan STEAM terjadi karena pembelajaran dirancang berbasis pengalaman langsung (*experiential learning*) dan pemecahan masalah autentik. Dalam konteks kebencanaan, peserta didik tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi juga terlibat dalam simulasi mitigasi, proyek desain rekayasa sederhana, penggunaan media digital, serta analisis fenomena lingkungan. Aktivitas tersebut merangsang keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, dan pengambilan keputusan yang merupakan inti kompetensi abad ke-21. Pendekatan STEAM juga memungkinkan terjadinya integrasi antara aspek kognitif, afektif, dan psikomotor sehingga literasi kebencanaan berkembang secara lebih komprehensif dibandingkan pembelajaran konvensional.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *effect size* tertinggi diperoleh pada penelitian Kurt et al., (2026) sebesar 0,88 melalui program STEAM-D berbasis ketangguhan bencana pada anak usia dini. Temuan ini menunjukkan bahwa pendidikan kebencanaan akan lebih efektif apabila diberikan sejak usia dini melalui pendekatan kontekstual dan berbasis aktivitas. Anak-anak cenderung lebih mudah memahami konsep mitigasi ketika pembelajaran melibatkan simulasi, permainan edukatif, visualisasi, dan aktivitas eksploratif. Secara psikologis, pembelajaran berbasis pengalaman mampu memperkuat memori jangka panjang dan membangun respons adaptif terhadap situasi darurat.

Temuan serupa juga ditunjukkan oleh penelitian Yusofa & Lukma, (2025) dengan *effect size* sebesar 0,83 dan Azizah et al., (2026) sebesar 0,82. Kedua penelitian tersebut memperlihatkan bahwa integrasi STEM/STEAM dengan Disaster Risk Reduction (DRR) dan media pembelajaran digital mampu meningkatkan literasi iklim serta kesiapsiagaan peserta didik terhadap gempa bumi dan risiko bencana lainnya. Hal ini terjadi karena media digital dan simulasi visual dapat membantu peserta didik memahami fenomena abstrak seperti perubahan iklim, pergerakan lempeng bumi, banjir, maupun sistem mitigasi secara lebih konkret dan interaktif.

Sementara itu, penelitian Siwei et al., (2025) dan Tubo et al., (2024) juga menunjukkan kategori *effect size* tinggi dengan nilai masing-masing 0,81 dan 0,80. Kedua studi tersebut menegaskan bahwa pembelajaran berbasis STEM efektif meningkatkan pemahaman mitigasi gempa, topan, dan kesiapsiagaan bencana melalui modul pembelajaran kontekstual. Modul STEM memungkinkan peserta didik menghubungkan konsep sains dengan fenomena lingkungan nyata sehingga proses pembelajaran menjadi lebih bermakna (*meaningful learning*).

Pada kategori sedang hingga sedang–tinggi, penelitian Mereli et al., (2023), Asrizal et al., (2023), dan Hidayah et al., (2023) menunjukkan bahwa STEM/STEAM efektif meningkatkan literasi, keterampilan inkuiri, dan pemahaman lingkungan peserta didik. Walaupun nilai *effect size* lebih rendah dibanding studi lain, hasil tersebut tetap menunjukkan pengaruh positif yang signifikan. Perbedaan nilai kemungkinan dipengaruhi oleh variasi desain penelitian, karakteristik sampel, durasi intervensi, serta media pembelajaran yang digunakan.

Selain itu, hasil penelitian Ismael et al., (2026) memperlihatkan bahwa penggunaan lingkungan pembelajaran digital 3D berbasis STEM mampu meningkatkan kesadaran risiko banjir dan pemahaman perubahan iklim. Temuan ini menunjukkan bahwa perkembangan teknologi digital memiliki peran penting dalam pendidikan kebencanaan modern. Visualisasi tiga dimensi memungkinkan peserta didik memahami hubungan sebab-akibat antara perubahan lingkungan dan potensi bencana secara lebih realistis dibandingkan pembelajaran berbasis ceramah.

Secara keseluruhan, hasil meta-analisis ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun melalui pengalaman belajar aktif dan interaksi dengan lingkungan. STEAM/STEM memberikan ruang bagi peserta didik untuk mengeksplorasi masalah nyata, merancang solusi, serta mengembangkan keterampilan berpikir ilmiah dalam konteks kebencanaan. Oleh karena itu, integrasi STEAM dalam pendidikan IPA dan pendidikan lingkungan berpotensi menjadi strategi efektif dalam memperkuat literasi kebencanaan sekaligus mendukung pembangunan berkelanjutan dan kesiapsiagaan masyarakat terhadap risiko bencana di masa depan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan STEAM/STEM memiliki efektivitas yang tinggi dalam meningkatkan literasi kebencanaan peserta didik pada berbagai jenjang pendidikan. Berdasarkan hasil meta-analisis terhadap 16 artikel empiris periode 2022–2026, diperoleh rata-rata *effect size* sebesar $g^- = 0.78$ yang termasuk kategori tinggi. Temuan tersebut membuktikan bahwa integrasi Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics dalam pendidikan kebencanaan mampu memperkuat kesiapsiagaan, pemahaman mitigasi bencana, kesadaran risiko, serta literasi iklim peserta didik secara signifikan. Efektivitas pendekatan STEAM/STEM dipengaruhi oleh karakteristik pembelajaran yang kontekstual, berbasis proyek, pemecahan masalah, simulasi, dan pemanfaatan media digital sehingga peserta didik lebih aktif membangun pemahaman terhadap fenomena kebencanaan yang terjadi di lingkungan nyata. Selain meningkatkan aspek kognitif, pendekatan ini juga berkontribusi dalam pengembangan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan kemampuan adaptif peserta didik terhadap risiko bencana dan perubahan lingkungan. Dengan demikian, pendekatan STEAM/STEM berpotensi menjadi strategi inovatif dalam penguatan pendidikan IPA dan pendidikan lingkungan untuk mendukung pembangunan masyarakat yang tangguh bencana dan berkelanjutan. Penelitian selanjutnya disarankan memperluas jumlah studi yang dianalisis serta menggunakan model meta-analisis statistik yang lebih kompleks agar diperoleh sintesis hasil yang lebih mendalam dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, R. E. & Suratno. (2021). The analysis of the development of the 5E-STEAM learning model to improve critical thinking skills in natural science lesson. *Journal of Physics: Conference Series*, 1832(1), 012050. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1832/1/012050>
- Arikan, A., Bilen, M., & Aladağ, E. (2024). Investigating the impact of technology-supported 3E learning model in disaster education. *Education and Information Technologies*, 29(16), 21379–21409. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12731-x>
- Arwin, A., Kenedi, A. K., Anita, Y., Mardin, A., & Yulistina, N. (2025). STEM-based disaster mitigation digital learning model: A means of improving primary school students'

- psychological preparedness for disaster. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 8(7), 194–205. <https://doi.org/10.53894/ijriss.v8i7.10427>
- Asrizal, A., Dier, M., Mardian, V., & Festiyed, F. (2023). STEM integrated electronic student worksheet to promote conceptual understanding and literacy skills of students. *Journal of Physics: Conference Series*, 2582(1), 012052. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2582/1/012052>
- Azizah, W. A., Isdaryanti, B., Yulianto, S., Irvan, Moh. F., Afifah, R., & Subagyo, N. A. (2026). *Supporting students' climate literacy through STEAM education: Strategic alliances for disaster risk reduction (DRR)*. 040001. <https://doi.org/10.1063/5.0328664>
- Bayaga, A., & Gallant, R. (2026). Using transformative GIS pedagogies to translate STEM to STEAM: Integrating the arts in African higher education. *South African Journal of Education*, 45(4), 1. <https://doi.org/10.15700/saje.v45n4a2741>
- Herro, D., Quigley, C., Andrews, J., & Delacruz, G. (2017). Co-Measure: Developing an assessment for student collaboration in STEAM activities. *International Journal of STEM Education*, 4(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0094-z>
- Hidayah, N., Masykuri, M., & Ramli, M. (2023). Effect of Enviromental Pollution E-Module STEM Based (Science Technology Engineering and Mathematics) to Improve Student's Inquiry Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(3), 1099–1106. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i3.2605>
- Ismael, D., Chen, Y.-H., Steiner, B., McLeod, G., & Considine, C. (2026). Using 3D web scenes to enhance flood risk awareness and climate change education in higher education. *Journal of Geography in Higher Education*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/03098265.2026.2655295>
- Khoeriah, I. A., Putri, D. A. K., Dewanti, L., & Hadiwijaya, H. (2026). STEM-Based Fire Disaster Mitigation Training to Foster Safety Awareness Among Early Childhood Education Students. *Samakta: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1), 54–67. <https://doi.org/10.61142/samakta.v3i1.333>
- Kurt, A., Tarhan, S., Ünal, F., Gökkurt Özdemir, B., Küçükşen Öner, F., & Çetin Dindar, A. (2026). Strengthening disaster preparedness in young children through a STEAM-D-based education: Program development and implementation. *Psychology, Health & Medicine*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/13548506.2026.2638995>
- Leicht, A., Heiss, J., & Byun, J. (2018). *Issues and trends in education for sustainable development*. UNESCO Publishing. <https://doi.org/10.54675/YELO2332>
- Liakopoulou, D., Koumoutsakou, O., Lyras, G., Kontakiotis, G., & Antonarakou, A. (2025). Enhancing Education on Protective Measures through Visual Arts and the STEAM Approach in First and Second-Grade Elementary School. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 62(1), 49–67. <https://doi.org/10.12681/bgsg.41672>

- Liani, K. D., & Redhana, I. W. (2025). *STEM and STEAM in improving critical thinking skills: A systematic literature review*. 080031. <https://doi.org/10.1063/5.0259402>
- Mereli, A., Niki, E., Psycharis, S., Drinia, H., Antonarakou, A., Mereli, M., & Maria, T. (2023). Education of students from Greek schools regarding natural disasters through STEAM. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(8), em2314. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13437>
- Park, W. (2025). STEM education for transformative hazard literacy: From technological fixes to slow learning. *Journal of Hazard Literacy*, 1(1), e3. <https://doi.org/10.63737/jhl.25.0014>
- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Rosyida, K. M. I., Prahani, B. K., & Kurtuluş, M. A. (2025). Analysis of the Role of STEAM Education in Improving Critical Thinking Skills for Sustainable Development. *Journal of Current Studies in SDGs*, 1(2), 20–32. <https://doi.org/10.63230/jocsis.1.1.9>
- Sari, W. P., Surjono, H. D., & Suyanto, S. (2025). Enhancing Critical Thinking in Science Education Through STEAM Integration: A Framework for Innovative Pedagogy. *Participatory Educational Research*, 12(5), 43–66. <https://doi.org/10.17275/per.25.63.12.5>
- Siwei, T., Ping, X., Yuhui, Z., Jie, Z., Jianfeng, Z., Zhenghe, F., & Ruiping, L. (2025). *Cognitive analysis of earthquake science popularization among undergraduates of normal universities in Yunnan*. 55(3). <https://doi.org/10.19987/j.dzqxjz.2024-039>
- Svanström, M. (2026). Disaster risk planning in an evolving risk landscape: Barriers and enablers in the integration of land use and preparedness actors. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 141, 106180. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2026.106180>
- Syamsudin, F. I., Saputro, S., Sarwanto, Karyanto, P., & Kamari, A. (2025). Enhancing students' environmental awareness in rural and urban schools through problem and design process based learning model with steam. *Discover Education*, 4(1), 555. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-01006-3>
- Tada, Y., Kadono, T., Fujihara, T., Tono, T., Mastumoto, T., & Kato, K. (2025). 11th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES2007). *Journal of Japan Society of Kansei Engineering*, 7(4), 599–599. https://doi.org/10.5057/kansei.7.4_599
- Tubeo, R. P., Hairulla, M. S., Nabua, E. B., & Malicoban, E. V. (2024). *Improving Mastery Level in Understanding Typhoon and Earthquake Preparedness Through STEM Modules*.

UNESCO. (2017). *Education for Sustainable Development Goals: Learning objectives*. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/CGBA9153>

Yıldırım, B. (2024). Preparation of preschool teachers during the COVID-19 pandemic: An online professional development program in STEM education. *Research in Science & Technological Education*, 42(4), 1129–1165. <https://doi.org/10.1080/02635143.2023.2209855>

Yusofa, D., & Lukma, H. N. (2025). Development Of Stem-Based Earthquake Mitigation Educational Media For High School Students' Learning. *JOSAR (Journal of Students Academic Research)*, 10(1), 1–14. <https://doi.org/10.35457/josar.v10i1.4362>