



PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS INTEGRASI STEAM-PjBL PADA MATERI PENDAHULUAN FISIKA INTI

Jubaidah, Yeni Megalina, Budiman, Tuti Hardianti

Jurusan Fisika, Universitas Negeri Medan

jubaidah@unimed.ac.id

Diterima: Januari 2026. Disetujui: Januari 2026. Dipublikasikan: Mei 2026

ABSTRAK

Karakteristik materi Pendahuluan Fisika Inti yang abstrak dan matematis sering menjadi hambatan bagi mahasiswa dalam mengorelasikan teori dengan fenomena riil. Di sisi lain, perangkat ajar digital berbasis *Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics* (STEAM) dan *Project-Based Learning* (PjBL) pada topik ini masih sangat terbatas. Penelitian *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE ini bertujuan mengembangkan dan menguji kelayakan e-modul berbasis integrasi STEAM-PjBL sebagai sumber belajar mandiri yang valid dan praktis. Data dikumpulkan melalui instrument lembar validasi dan angket respons pengguna, lalu dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Hasil evaluasi menunjukkan e-modul sangat valid, dengan skor 89% dari ahli materi dan 92% dari ahli media. Uji coba lapangan terbatas juga mengkonfirmasi tingkat kepraktisan sebesar 87%. Integrasi konteks desain teknik (*engineering*) dan estetika (*art*) dalam modul digital ini terbukti mampu merekonstruksi materi fisika inti menjadi pryek yang kontekstual. Penelitian ini menyimpulkan bahwa e-modul berbasis STEAM-PjBL layak digunakan dalam perkuliahan untuk mendukung pemahaman konsep secara komprehensif.

Kata Kunci: E-Modul, Fisika Inti, Pengembangan Bahan Ajar, PjBL, STEAM

ABSTRACT

The abstract and mathematical nature of Introductory Nuclear Physics often presents epistemological barriers for students correlating theoretical concepts with real-world phenomena. Moreover, digital learning resources integrating Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics (STEAM) with Project-Based Learning (PjBL) remain scarce in this domain. The Research and Development (R&D) study, employing the ADDIE model, aimed to develop and evaluate a STEAM-PjBL-integrated e-module as a valid and practical self-directed learning resource. Data gathered via validation instruments and user response questionnaires were analyzed using descriptive qualitative methods. Expert evaluations demonstrated high validity, yielding scores of 89% from subject matter experts and 92% from media experts, while limited field testing confirmed an 87% practicality rate. By embedding engineering design and aesthetic contexts, the e-module effectively reconstructed rigid content into contextual projects. This concludes that developed e-module is highly feasible for higher education to foster comprehensive conceptual understanding.

Keywords: E-Module, Learning Material Development, Nuclear Physics, PjBL, STEAM

PENDAHULUAN

Menyelami dunia Fisika Inti sering kali menuntut mahasiswa untuk melakukan lompatan kognitif yang radikal. Pada level ini, mereka tidak lagi berhadapan dengan objek makroskopis yang kasat mata, melainkan harus berinteraksi dengan entitas sub-mikroskopis, kalkulasi mekanika kuantum, dan formalisme matematis yang sangat pekat. Realitas di ruang kuliah menunjukkan bahwa pendekatan instruksional yang terlalu bertumpu pada transmisi rumus secara linier justru membangun jarak psikologis antara mahasiswa dan ilmu yang mereka pelajari; teori terasa asing, abstrak, dan terisolasi dari realitas praktis (Wang, 2018; Zolfagharpour et al., 2023). Imbasnya, tidak sedikit mahasiswa yang terjebak dalam kecemasan akademik, di mana energi mereka habis untuk sekedar menghafal prosedur matematis demi kelulusan ujian, alih-alih menikmati keindahan intuisi fisis di balik struktur materi (Tan et al., 2024). Untuk mengembalikan hakikat pembelajaran sebagai proses penjelajahan intelektual yang bermakna, orientasi pendidikan fisika perlu digeser secara fundamental dari metode satu arah menuju ruang rekonstruksi konsep yang aktif, interdisipliner, dan berbasis karya nyata melalui integrasi STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics*) dan *Project-Based Learning* (PjBL) (Anisimova et al., 2020; Wahono et al., 2020; Conradty & Bogner, 2020).

Kendati gaung pembelajaran interdisipliner ini telah banyak diadopsi dalam sains dasar, ruang perkuliahan fisika tingkat lanjut seperti fisika inti masih sangat minim tersentuh oleh inovasi ini (Fredly et al., 2026; Schoenherr et al., 2024). Bahan ajar yang beredar di lapangan sebagian besar masih berupa diktat digital statis-seperti berkas PDF atau *flipbook* replika buku cetak-yang menempatkan mahasiswa sebagai konsumen informasi yang pasif (Inda Sari & Listiyani, 2023). Mahasiswa jarang sekali diberi agensi atau alat yang memadai untuk membongkar, menguji, dan merancang ulang sebuah model fisis. Keterbatasan media konvensional ini secara tidak langsung memangkas ruang tumbuh bagi kemampuan berpikir komputasi (*computational thinking*), sebuah kecakapan yang kini disepakati

sebagai fondasi utama literasi sains modern (Hamilton, 2024; Hurt et al., 2023; Yeping Li et al., 2020). Ketika mempelajari dinamika yang kompleks seperti peluruhan berantai atau kestabilan nuklir, mahasiswa membutuhkan media yang cair dan responsif-sebuah lingkungan belajar yang memungkinkan mereka mengubah satu baris kode, mengamati dampaknya pada grafik secara instan, dan melatih nalar algoritmik mereka tanpa rasa takut berbuat salah.

Di sinilah letak kesenjangan (*research gap*) yang krusial. Sebagian besar penelitian pengembangan media interaktif di perguruan tinggi masih terjebak pada format simulasi berbasis *Flash/HTML5* instan yang sudah jadi (*pre-rendered black box*). Pada media-media tersebut, mahasiswa hanya bertindak sebagai pengamat yang mengklik tombol atau menggeser parameter eksternal tanpa pernah memahami logika algoritma di balik visualisasi tersebut (Inda Sari & Listiyani, 2023; Rosenthal, 2020). Belum ada bahan ajar digital pada materi Pendahuluan Fisika Inti yang secara eksplisit membuka “isi dapur” perhitungannya untuk dieksplorasi secara terbuka oleh mahasiswa. Padahal, esensi penalaran *Engineering* dan *Mathematics* dalam STEM-PjBL hanya dapat tercapai secara utuh ketika mahasiswa mampu mengonstruksi, mengutak-atik kode pemodelan numerik, dan melihat sebagaimana matematika bekerja secara dinamis memvisualisasikan fenomena fisis (Anisimova et al., 2020; Fredly et al., 2026; Rasikh Tariq et al., 2025; Wahono et al., 2020; Yeping Li et al., 2020).

Untuk mengatasi problem tersebut, kebaruan (*novelty*) yang ditawarkan dalam penelitian ini adalah transformasi e-modul menjadi sebuah *computational learning environment* berbasis ekosistem Python yang di-deploy melalui platform Jupyter Book. Berbeda dengan teks digital konvensional yang kaku, media ini mengintegrasikan lingkungan kode *Jupyter Notebook* langsung di dalam lembar bacaan mahasiswa. Tanpa dibebani kerumitan teknis instalasi perangkat lunak karena memanfaatkan *cloud-computing* berbasis MyBinder, mahasiswa diberikan otoritas penuh untuk memanipulasi parameter inti, melakukan eksperimen numerik, dan melihat visualisasi

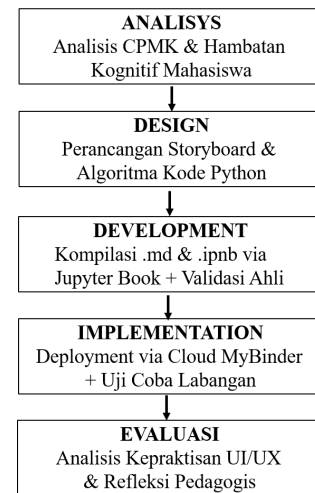
kenimatika nuklir secara *real-time* (Mandasari et al., 2026; Pinote et al., 2023; Schoenherr et al., 2024; Tufino et al., 2024). Komponen *Art* dan *Engineering* dalam STEAM diwadahi melalui proyek rekayasa desain perisai radiasi, di mana mahasiswa tidak sekadar menghitung, melainkan ditantang untuk menyajikan visualisasi data yang estetik ergonomis, dan memiliki keterbacaan tinggi.

Berdasarkan seluruh urgensi tersebut, tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan, menguji validitas kelayakan teoretis dari para ahli, serta mengukur tingkat kepraktisan empiris dari e-modul berbasis integrasi STEAM-PjBL pada materi Pendahuluan Fisika Inti ini saat digunakan oleh mahasiswa. Melalui integrasi teknologi komputasi terbuka ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pembaruan metodologi pembelajaran fisika tingkat lanjut di perguruan tinggi. Lebih dari itu, penelitian ini berupaya membuktikan bahwa dengan media yang tepat, sains tingkat tinggi tidak lagi tampil sebagai deretan rumus yang mengancam, melainkan sebagai ruang ekspresi kreatif yang humanis, inklusif, sekaligus memiliki akurasi ilmiah yang kokoh.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development* atau R&D) dengan menerapkan model sistematis ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) yang diadaptasi dari Branch (2009). Pilihan model ini didasarkan pada kerangka kerjanya yang terstruktur, mulai dari identifikasi kebutuhan awal hingga evaluasi empiris, yang sangat ideal untuk membangun lingkungan belajar berbasis komputasi.

Alur pengembangan e-modul berbasis Python Jupyter Book dalam penelitian ini dijabarkan secara rinci melalui lima tahap interdependen yang diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Pengembangan E-modul

Data kelayakan e-modul dikumpulkan menggunakan instrument penilaiann skala Likert 1-4 untuk menghindari bias nilai Tengah. Data Kuantitatif dari lembar validasi ahli (teoritis) serta angket respon mahasiswa (praktis) dianalisis secara deskriptif menggunakan rumus persentase pencapaian. Kriteria interpretasi skor untuk pengambilan Keputusan akademik distandarisasi pada Tabel 1.

Untuk memastikan integrasi interdisipliner berjalan secara ketat dan tidak sekedar menjadi suplemen, konsep abstrak Pendahuluan Fisika Inti dilebur langsung ke dalam fase operasional sintaks PjBL berbasis komputasi. Mahasiswa diposisikan sebagai pemecah masalah yang mengemban tugas rekayasa: mendesain perisai radiasi (*radiation shielding*) multi-lapis yang optimal melalui pemodelan kode Python.

Tabel 1. Kriteria Interpretasi Skor

Rentang Skor (%)	Klasifikasi Validitas	Klasifikasi Kepraktisan	Rekomendasi Tindakan
85,1 – 100,0	Sangat Valid	Sangat Praktis	Layak diimplementasikan total tanpa revisi
70,1 – 85,0	Valid	Praktis	Layak digunakan dengan penyempurnaan minor
50,1 – 70,0	Cukup Valid	Cukup Praktis	Rekodifikasi struktur media/revisi konten besar
0,0 – 50,0	Tidak Valid	Tidak Praktis	Ditolak; tidak memenuhi standar regulasi ajar

Matriks integrasi operasional antara konten fisika, unsur STEAM, dan aktivitas komputasi mahasiswa disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Integrasi Operasional antara Konten Fisika, PjBL, dan STEAM

Fase PjBL	Pokok Bahasan Fisika Inti	Unsur STE-AM	Peran & Aktivitas Komputasi Phython
Pernyataan Esensial	Batas dosis & efek biologis radiasi	<i>Science</i>	Menganalisis parameter bahaya radiasi lingkungan untuk merumuskan hipotesis proteksi
Perancangan Proyek	Koefisien atenuasi (μ) & <i>Half-Value Layer</i>	<i>Engineering</i>	Layak digunakan dengan penyempurnaan minor
Penjadwalan	Konstanta peluruhan (λ) & fungsi waktu paruh ($T_{1/2}$)	<i>Mathematics</i>	Memodelkan pelemahan aktivitas sumber seiring umur operasional lewat rumus: $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$
Monitoring	Interaksi radiasi gamma/alfa/beta	<i>Technology</i>	Mengeksekusi blok kode interaktif menggunakan ipywidgets untuk memanipulasi ketebalan bahan seara <i>real-time</i> .
Penilaian Hasil	Grafis transmisi foton & pelemahan eksponensial	Art	Mengembangkan dasbor visualisasi data yang ergonomis, kontras tinggi, dan estetis via matplotlib.
Evaluasi	Kriteria structural perisai & stabilitas inti	Refleksi	Menguji batas toleransi (<i>error handling</i>) algoritma skrip dan melakukan <i>peer-review</i> kode antarkelompok

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengembangan E-Modul Komputasional

Pengembangan e-modul berbasis Python menggunakan Jupyter Book ini menghasilkan produk berupa media pembelajaran berbasis web (*web-based computational notebook*) yang dapat diakses secara fleksibel melalui peramban. E-modul ini mengintegrasikan teks naratif materi fisika inti dengan blok kode Python interaktif yang terhubung langsung ke server awan (*cloud-computing*) MyBinder.

Sebelum diuji cobakan para mahasiswa, e-modul divalidasi oleh ahli materi dan ahli media. Rekapitulasi hasil validasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Validasi Ahli

Aspek Penilaian	Persen-tase (%)	Klasifikasi	Rekomendasi/Tindak Lanjut
Ahli Materi			
- Akurasi Konsep Fisika Inti	89,5	Sangat Valid	Layak tanpa revisi
- Kedalaman Matematis & Penurunan Rumus	86,0	Sangat Valid	Penyempurnaan minor pada simbol
- Keselarasan Sintaks STEAM-PjBL	88,2	Sangat Valid	Layak tanpa revisi
Ahli Media			
- Keterbacaan Antarmuka (UI/UX)	91,0	Sangat Valid	Layak tanpa revisi
- Fungsi interaktivitas Kode (ipywidgets)	87,5	Sangat Valid	Perbaikan penanganan <i>error</i> input
- Aksesibilitas Sistem Distribusi (<i>Cloud</i>)	85,5	Sangat Valid	Optimalisasi kecepatan pemuatan <i>loading</i>
Rata-rata Akumulatif	87,9	Sangat Valid	Layak tanpa revisi

Hasil validasi ahli menunjukkan rata-rata akumulatif sebesar 87,9% (Sangat Valid). Catatan dari ahli media difokuskan pada penanganan eror (*error handling*) pada sel kode Python. Ahli menyarankan penambahan fungsi pembatas input pada parameter ipywidgets agar mahasiswa tidak memasukkan nilai negatif pada parameter waktu paruh ($T_{1/2}$) yang dapat merusak visualisasi kurva peluruhan pada grafik. Saran ini ditindaklanjuti dengan membatasi rentang nilai minimum *slider* ke angka 0,1 tahun.

Hasil Uji Kepraktisan Empiris

Setelah melalui proses revisi berdasarkan masukan validator, e-modul diimplementasikan pada kelas uji-coba berskala terbatas untuk mengukur tingkat kepraktisan penggunaan media dari sudut pandang mahasiswa dan dosen pengampu. Hasil angket respon kepraktisan dirangkum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Rangkuman Hasil Uji Kepraktisan

Aspek Kepraktisan	Respon Mahasiswa (%)	Respon Dosen (%)	Klasifikasi
- Kemudahan Aksesibilitas & Navigasi	88,4	92,0	Sangat Praktis

Aspek Kepraktisan	Respon Mahasiswa (%)	Respon Dosen (%)	Klasifikasi
- Keterbacaan dan Kejelasan Instruksi Proyek	85,2	88,5	Sangat Praktis
- Keterpakaian Simulasi Python Terintegrasi	84,0	87,0	Praktis
- Efisiensi Waktu dalam Eksekusi Proyek	81,5	85,0	Praktis
Rata-rata Sektoral	84,8	88,1	Sangat Praktis

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa baik mahasiswa (84,8%) maupun dosen (88,1%) menilai e-modul ini sangat praktis digunakan dalam perkuliahan Pendahuluan Fisika Inti. Poin krusial terletak pada tingginya skor aspek kemudahan aksesibilitas. Penggunaan MyBinder terbukti mampu menghilangkan hambatan teknis instalasi lokal Python yang biasanya menjadi keluhan utama mahasiswa non-komputer.

Pembahasan

Keberhasilan pengembangan e-modul ini terletak pada kemampuan mentransformasi pembelajaran fisika inti dari aktivitas menghafal rumus matematis kering menjadi sebuah proyek rekayasa yang dinamis dan humanis. Integrasi ini memberikan dampak positif yang signifikan pada tiga domain utama:

1. Dekonstruksi hambatan kognitif melalui

Visualisasi Real-Time

Pada materi peluruhan radioaktif, mahasiswa sering kali mengalami kesulitan mengaitkan konsep laju perluruhan fisis dengan persamaan eksponensial $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$ (Zolfagharpour, et al., 2023). Melalui e-modul komputasional ini, hambatan kognitif tersebut diatasi dengan memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk memanipulasi parameter konstanta peluruhan (λ) secara dinamis melalui tombol geser interaktif. Visualisasi grafik transmisi yang berubah secara instan merangsang pemahaman intuitif bahwa perubahan struktural partikel pada skala sub-mikroskopis memiliki korelasi matematis eksponensial yang presisi di dunia nyata (Tufino et al., 2024).

2. Aktivasi Agensi Mahasiswa dalam Rekayasa Proyek (STEAM)

Sintaks PjBl memaksa mahasiswa untuk tidak sekedar menjadi penonton pasif. Dalam merancang proyek perisai radiasi (*radiation shielding*) yang bekerja dengan batasan material riil. Integrasi Python memberikan platform eksplorasi tanpa batas (*risk-free sandbox*). Mahasiswa dapat bereksperimen dengan mengombinasikan berbagai ketebahan bahan (timbal, beton, air) pada kode mereka untuk melihat material mana yang paling optimal mereduksi paparan radiasi. Hal ini melatih kemampuan berfikir komputasional mereka tanpa risiko terpapar radiasi di dunai nyata, 2021(Weber & Wilhelm, 2020; Yeping Li et al., 2020; Nearhood & Hamerski, 2025; Rasikh Tariq et al., 2025; Fredly et al., 2026; Mandasari et al., 2026;)).

3. Kepekaan Estetika dalam Penyajian Data (Art)

Unsur *Art* dalam penelitian ini tidak dimaknai sebagai dekorasi visual yang dangkal, melainkan sebagai estetika komunikasi ilmiah (*scientific data aesthetic*). Melalui instruksi proyek di dalam e-modul, mahasiswa dituntut untuk menyajikan grafik simulasi peluruhan menggunakan library matplotlib dengan memperhatikan aspek keterbacaan data, kontras warna yang ramah bagi pembaca, serta pelabelan sumbu koordinat yang informatif. Proses ini mengajarkan mahasiswa bahwa kebenaran ilmiah (sains dan matematika) harus dikomunikasikan dengan kejelasan visual yang tinggi agar dapat dipahami secara humanis oleh masyarakat luas (Conradty & Bogner, 2020; Schoenherr et al., 2024).

Secara keseluruhan, temuan dalam penelitian ini membuktikan bahwa penggabungan Jupyter Book dengan model pembelajaran STEAM-PjBL tidak hanya meningkatkan validitas teoretis media ajar, tetapi juga memberikan solusi kepraktisan yang nyata di ruang kelas perguruan tinggi. E-modul ini sukses meminimalkan kesenjangan antara pemahaman teoretis abstrak dan keterampilan komputasi modern yang sangat dibutuhkan di era industri (4.0).

KESIMPULAN DAN SARAN

Luaran dari penelitian R&D ini berupa perangkat ajar komputasional berbasis Jupyter Book dan MyBinder yang menyatukan kerangka interdisipliner STEAM-PjBL pada perkuliahan Pendahuluan Fisika Inti. Pengujian produk menunjukkan capaian metrik yang memuaskan dari dua indikator utama. Penilaian teoritis oleh dewan validator menempatkan e-modul ini pada kategori Sangat Valid (87,9%), sementara respon empiris dari pengguna mengonfirmasi tingkat keterpakaian yang Sangat Praktis (mahasiswa 84,8%; dosen 88,1%). Integrasi Python via *cloud computing* terbukti efektif memotong hambatan teknis instalasi lokal untuk operasional program, sehingga mahasiswa dapat fokus memanipulasi model matematis peluruhan secara interaktif. Di samping itu, penugasan rancang bangun perisai nuklir sanggup mempertajam nalanda algoritmik, memandirikan eksplorasi, serta visualisasi data ilmiah mahasiswa.

Untuk agenda riset mendatang, beberapa rekomendasi strategis yang diusulkan antara lain: (1) melaksanakan uji efektivitas makro menggunakan metode eksperimen kontrol guna memverifikasi dampak langsung penggunaan e-modul terhadap *learning outcomes* mahasiswa; (2) mengoptimalkan ketahanan skrip pemrograman dengan menyematkan sistem pemvalidasi input otomatis pada modul ipwidgest; dan (3) memperluas implementasi platform komputasi terintegrasi ini pada klaste materi fisika teoritis lainnya yang padat kalkulasi abstrak, seperti Mekanika Kuantum maupun Fisika Reaktor tingkat lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisimova, T. I., Sabirova, F. M., & Shatunova, O. (2020). Formation of design and research competencies in future teachers in the framework of STEAM education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(2), 204–217. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i02.11537>
- Conradty, C., & Bogner, F. X. (2020). 2020_STEAM teaching professional development. *Smart Learning Environments*, 7, 1–20. <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00132-9>
- Fredly, K. H., Odden, T. O. B., & Zwickl, B. M. (2026). Physics computational literacy: Programming, modeling, and collaboration at the journeyman level. *Physical Review Physics Education Research*, 22(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.22.013101>
- Hamilton, M. C. B. (2024). *A Journey in Implementing Computational Physics from the Ground Up*. <http://arxiv.org/abs/2408.01844>
- Hurt, T., Greenwald, E., Allan, S., Cannady, M. A., Krakowski, A., Brodsky, L., Collins, M. A., Montgomery, R., & Dorph, R. (2023). The computational thinking for science (CT-S) framework: operationalizing CT-S for K–12 science education researchers and educators. In *International Journal of STEM Education* (Vol. 10, Number 1). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00391-7>
- Sari, P., & Listiyani, Q. (2023). *ISEJ Indonesian Science Education Journal The Effectiveness of Flipbook-Based E-Modules in Enhancing Conceptual Understanding in High School Physics Education*. 4(3), 113–122. <https://siducat.org/index.php/isej/>
- Mandasari, B., Siahaan, S. M., & Yusuf, M. (2026). Assessment Instruments for Computational Thinking and Coding Skills to Support Quality Education: A Systematic Literature Review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 12(6), 80–91. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v12i6.15285>
- Nearhood, L., & Hamerski, P. (2025). Student experiences in a computational physics lab through the lens of Physics Computational Literacy. *Physics Education Research Conference Proceedings*, 314–319. <https://doi.org/10.1119/perc.2025.pr.Nearhood>
- Pinote, D. D., Damayo, A. Q., Bulotano, A., Toring, H., Rosal, A. R., Mapait Pinote, D. A., Tinapay, A., Anne, D., & Pinote, M. (2023). Studying the Influence of Computer Simulation on Student Engagement: A Literature Review. *International Journal of Multidisciplinary Research and Publications (IJMRAP)*, 6(2), 91–96.
- Masikh Tariq, Bertha Maria Aponte Babines, Jesus Ramirez, Ines Alvarez-Icaza, & Fawad Naseer. (2025). Computational Thinking in STEM. *Frontiers in Computer Science*, 01–19.

- Rosenthal, S. (2020). Media Literacy, Scientific Literacy, and Science Videos on the Internet. In *Frontiers in Communication* (Vol. 5). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2020.581585>
- Schoenherr, J., Strohmaier, A. R., & Schukajlow, S. (2024). Learning with visualizations helps: A meta-analysis of visualization interventions in mathematics education. In *Educational Research Review* (Vol. 45). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100639>
- Tufino, E., Oss, S., & Alemani, M. (2024). *Using Jupyter Notebooks to foster computational skills and professional practice in an introductory physics lab course*. <http://arxiv.org/abs/2405.16675>
- Wahono, B., Lin, P. L., & Chang, C. Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. In *International Journal of STEM Education* (Vol. 7, Number 1). Springer. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00236-1>
- Weber, J., & Wilhelm, T. (2020). The benefit of computational modelling in physics teaching: A historical overview. *European Journal of Physics*, 41(3). <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ab7a7f>
- Yeping Li, Alan H. Schoenfeld, Andrea A. diSessa, Arthur C. Graesser, Lia C. Benson, Lyn D. English, & Richard A. Duschl. (2020). Computational Thinking is More about Thinking than Computing. *Journal of STEM Education Research*, 1–18. <https://doi.org/10.1007/s41979-020-00030-2>