

## **PENDEKATAN STEAM PADA PEMBELAJARAN FISIKA UNTUK SEKOLAH INKLUSI**

Nur Asyiah Bulqist Rahman<sup>1</sup>, Iva Nandya Atika<sup>2</sup>, Abdul Munip<sup>3</sup>  
Magister PGMI FITK UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta<sup>1</sup>  
Pendidikan Fisika FITK UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta<sup>2</sup>  
Magister PGMI FITK UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>22204081014@student.uin-suka.ac.id, <sup>2</sup>atika.ivanandya@gmail.com,  
<sup>3</sup>abdul.munip@uin-suka.ac.id,

### **ABSTRACT**

*The STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) approach in physics learning in Indonesia, especially in inclusive schools, aims to integrate five scientific disciplines to improve students' critical thinking, problem solving and creativity skills. Although still limited, the application of STEAM shows improvement over time. Teachers experience difficulties, especially in implementing STEAM projects. However, the research results show a positive impact on students' creativity and learning outcomes. This literature study explores the definition of STEAM, its benefits, and effective approaches to creating an inclusive environment in physics learning. The challenges teachers face are acknowledged, but interest in STEAM is increasing, reflecting growing interest in this method in physics education in Indonesia.*

*Keywords: Physics Learning, Inclusive Schools, STEAM.*

### **ABSTRAK**

Pendekatan STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) dalam pembelajaran fisika di Indonesia, terutama di sekolah inklusi, bertujuan mengintegrasikan lima disiplin ilmu untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kreativitas peserta didik. Meskipun masih terbatas, penerapan STEAM menunjukkan peningkatan seiring waktu. Guru mengalami kesulitan, terutama dalam mengimplementasikan proyek STEAM. Meskipun demikian, hasil penelitian menunjukkan dampak positif terhadap kreativitas dan hasil belajar peserta didik. Studi literatur ini menggali definisi STEAM, manfaatnya, dan pendekatan efektif untuk menciptakan lingkungan inklusif dalam pembelajaran fisika. Tantangan yang dihadapi guru diakui, tetapi minat terhadap STEAM meningkat, mencerminkan ketertarikan yang berkembang terhadap metode ini dalam pendidikan fisika di Indonesia.

Kata Kunci: Pembelajaran Fisika, Sekolah Inklusi, STEAM.

#### **A. Pendahuluan**

Pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) pada pembelajaran fisika merupakan sebuah pendekatan

yang mengintegrasikan lima disiplin ilmu tersebut untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kreativitas. Pendekatan ini telah diterapkan pada

pembelajaran fisika di Indonesia, termasuk di sekolah inklusi. Terdapat beberapa metode untuk menerapkan pendekatan STEAM pada pembelajaran fisika, seperti pembelajaran berbasis proyek, pembelajaran berbasis inkuiri, pembelajaran kolaboratif, pembelajaran berbasis pengalaman, dan integrasi seni. Metode-metode ini dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan peserta didik di sekolah inklusi, seperti dengan memberikan akomodasi untuk peserta didik dengan disabilitas atau menggunakan instruksi yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan peserta didik dengan gaya belajar yang berbeda (Sari et al., 2021).

Pembelajaran STEAM dapat mendorong peserta didik untuk mengeksplorasi kemampuan yang ada, dengan cara mereka sendiri. Pembelajaran STEAM juga dapat memunculkan karya berbeda dan tidak terduga dari masing-masing individu atau kelompoknya. Selain itu kemampuan dalam kolaborasi, kerjasama dan komunikasi dapat dimunculkan dalam proses pembelajaran karena pendekatan ini dilakukan berkelompok (Lestari, 2021).

Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah dengan mengintegrasikan STEM dalam pembelajaran Fisika. Pendekatan STEM tidak hanya digunakan untuk penguatan pada suatu bidang terpisah saja, namun mengintegrasikan sains, teknologi, teknik dan matematika dalam proses pemecahan masalah. Asmuniv dalam Khaeroningtyas dkk menyatakan bahwa pendekatan STEM dapat membentuk peserta didik dapat berpikir kritis, logis, dan sistematis. Melalui STEM proses pembelajaran menjadi lebih bermakna sehingga diharapkan peserta didik dapat memecahkan terutama pada pembelajaran Fisika (Putri et al., 2019).

Pembelajaran fisika yang bermakna adalah pembelajaran dimana peserta didik menemukan konsep sendiri dengan berbagai kegiatan dan aktivitas yang dilakukan. Melalui adanya pencarian konsep, peserta didik akan terlatih keterampilan psikomotorik dan terbentuk sikap-sikap ilmiah. Menurut Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, tujuan pembelajaran fisika/sains dalam Kurikulum 2013 adalah menguasai konsep dan prinsip serta memiliki keterampilan yang

diperlukan untuk mengembangkan pengetahuan dan kemandirian, percaya diri untuk melanjutkan pendidikan tinggi dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (Kartika et al., 2022).

Pendidikan inklusi merupakan perkembangan terkini dari model pendidikan bagi anak berkelainan yang secara formal kemudian ditegaskan dalam pernyataan Salamanca pada Konferensi Dunia tentang Pendidikan Berkelainan bulan Juni 1994 bahwa “prinsip mendasar dari pendidikan inklusif adalah: selama memungkinkan, semua anak seyogyanya belajar bersama-sama tanpa memandang kesulitan ataupun perbedaan yang mungkin ada pada mereka” (Rosana, 2016).

Pendidikan inklusi dalam pembelajaran fisika bertujuan menciptakan lingkungan pembelajaran yang mendukung keberagaman peserta didik, termasuk mereka dengan kebutuhan khusus. Strategi inklusi melibatkan modifikasi kurikulum, pemanfaatan metode pengajaran yang beragam, penyediaan dukungan dan sumber daya yang diperlukan, serta kolaborasi antara guru fisika reguler

dengan guru pendukung. Penilaian yang disesuaikan, fasilitas pembelajaran yang inklusif, dan pelibata orang tua juga menjadi komponen penting. Dengan demikian, Pendidikan inklusi di bidang fisika bukan hanya tentang menciptakan akses fisik, tetapi juga mengakomodasi berbagai gaya belajar dan kebutuhan peserta didik. Pendidikan inklusi dibidang fisika mencerminkan pendekatan *holistic* untuk memberikann Pendidikan yang merata dan bermakna bagi semua peserta didik (Malone, 2008).

Pendidika inklusi dalam pembelajaran fisika dengan pendekatan STEAM menggabungkan prinsip-prinsip keberagaman dan kreativitas. Integrasi seni dan teknologi dalam pembelajaran fisika dapat memperkaya pengalaman peserta didik, membuat materi lebih relevan, dan memfasilitasi pemahaman konsep-konsep fisika secara lebih *holistic*. Dalam konteks ini, eksplorasi seni dan aspek kreatif dapat mejadi pendekaran inklusif yang memotivasi peserta didik dengan beragam gaya belajar. Penekana pada proyek kolaboratif STEAM juga dapat memfasilitasi kerja tim dan

partisipasi semua peserta didik (Im et al., 2016).

## **B. Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur. Metode studi literatur adalah suatu pendekatan penelitian yang bertujuan untuk menyelidiki dan menganalisis literatur atau karya-karya tulis yang telah ada sebelumnya untuk memahami dan menyusun pemahama tentang suatu topik penelitian (Booth et al., 2014). Penelitian ini bertujuan untuk menggali pemahaman mendalam tentang penerapan pendekatan STEAM dalam pembelajaran fisika untuk sekolah inklusi. Melalui studi literatur, penelitian ini mengeksplorasi definisi konsep STEAM, manfaatnya dalam pembelajaran fisika, serta pendekatan yang efektif dalam menciptakan lingkungan inklusif. Pemilihan sumber literatur dilakukan melalui pencarian daring menggunakan basis data akademis seperti PubMed, ERIC, Google Scholar, jurnal Pendidikan fisika terkemuka serta sumber-sumber tertulis lainnya. Sumber-sumber literatur yang relevan yang diterbitkan dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir menjadi focus utama, emastikan kebaruan da relevansi informasi.

Sumber-sumber literatur yang dipilih harus mencakup konsep dasar STEAM, penerapannya dalam pembelajaran fisika, serta konteks sekolah inklusi. Publikasi yang memiliki metodologi penelitian yang solid, studi kasus, hasil penelitian, dan

pendangan ahli dalam bidang Pendidikan fisika dan inklusi diutamakan. Proses penelaahan literatur dilakukan dengan membaca dan menyortir secara sistematis sumber-sumber yang telah dipilih. Informasi kunci seperti definisi konsep STEAM, implementasinya dalam pembelajaran fisika, dan hasil penelitian terkait diekstraksi dan dianalisis.

Berdasarkan temuan literatur, aka disusun konseptual yang menggambarkan secara komprehensif peerapan pendekatan STEAM dalam pembelajara fisika untuk sekolah inklusi. Kerangka ini akan mencakup elemen-elemen kunci, prinsip-prinsip, dan rekomendasi untuk Pendidikan fisika yang inklusif. Melalui metode studi literatir, penelitian ini tidak hanya mengidentifikasi temuan-temuan utama dari penelitian terdahulu tetapi juga meragkum pengetahuan yang telah ada untuk menyediaka landasan yang kuat bagi pemahaman tetang peerapan pendekatan STEAM dalam konteks Pendidikan fisika untuk sekolah inklusi.

## **C. Hasil Penelitian dan Pembahasan**

Penerapan pendekatan STEAM pada pembelajaran fisika di Indonesia masih sangat minim, karena guru masih mengalami kesulitan dalam menerapkan proyek pendekatan STEAM. Berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan, penerapan pendekatan STEAM merupakan pengembangan dari pendekatan STEM. Pendekatan STEAM memiliki aspek tambahan yaitu art, yang

berfungsi untuk melatih kreativitas peserta didik. Melalui kreativitas inilah, peserta didik mampu memecahkan permasalahan dan memahami konsep fisika.

Penerapan pendekatan STEAM dalam pembelajaran fisika di Indonesia masih terbatas karena guru mengalami kesulitan dalam menerapkannya. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa aspek-aspek pendekatan STEAM telah terpenuhi, dan diharapkan dapat menjadi acuan bagi guru dalam menerapkannya. Pendekatan STEAM merupakan pengembangan dari pendekatan STEM, dengan tambahan aspek art yang bertujuan untuk melatih kreativitas peserta didik. Melalui kreativitas, peserta didik dapat memecahkan permasalahan dan memahami konsep fisika. Integrasi pendekatan STEAM melalui pemberian proyek-proyek dapat membantu peserta didik menemukan solusi dari permasalahan yang diberikan oleh guru, serta menciptakan ide kreatif dan inovatif sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (Badriyah et al., 2020).

Penelitian konten analisis yang menganalisis artikel pendekatan STEAM pada pembelajaran fisika di Indonesia menunjukkan bahwa sebaran publikasi artikel terkait pendekatan STEAM pada pembelajaran fisika tiap tahunnya mengalami peningkatan, menunjukkan ketertarikan yang tinggi terhadap pendekatan ini. Jenis penelitian yang paling banyak

digunakan adalah penelitian eksperimen, yang menguji efektivitas dan implementasi pendekatan STEAM kepada peserta didik. Subjek penelitian yang paling banyak adalah peserta didik, dengan fokus pada pembelajaran di kelas. Instrumen tes merupakan instrumen penelitian yang paling banyak digunakan, terutama pada penelitian eksperimen yang mengimplementasikan pendekatan STEAM pada pembelajaran. Materi fisika yang paling banyak diteliti adalah materi cahaya dan optik, karena terdapat beberapa konsep yang sulit dipahami oleh peserta didik. Variabel penelitian yang paling banyak diukur adalah kemampuan kreatif peserta didik, karena dengan adanya perpaduan seni dan sains, kreativitas peserta didik akan lebih tinggi (Fitria et al., 2023).

Penerapan pendekatan STEAM dalam pendidikan fisika di Indonesia masih terbatas karena sulitnya guru dalam menerapkan proyek STEAM. Namun beberapa penelitian menunjukkan bahwa aspek STEAM telah terpenuhi dalam pendidikan fisika (Nasrah et al., 2019). Penambahan seni pada STEAM bertujuan untuk melatih kreativitas peserta didik, yang dapat membantunya memecahkan masalah dan memahami konsep fisika. Beberapa penelitian telah mengintegrasikan seni ke dalam STEAM melalui berbagai proyek, seperti mendesain kaca pembesar atau membuat gitar sederhana (Badriyah et al., 2020). Aspek sains pada STEAM terletak pada proses pembuatan proyek yang menerapkan

konsep fisika, sedangkan aspek teknologi terletak pada alat dan bahan yang digunakan peserta didik pada saat proses pembuatan proyek. Aspek rekayasa terletak pada hasil proyek yang dapat diterapkan dan mempunyai nilai ekonomis. (Safriana et al., 2022). Aspek seni terletak pada proses kreatif pembuatan proyek. Aspek matematika terletak pada penerapan konsep-konsep fisika dalam pembuatan proyek, yang diimbangi dengan analisis matematis, sehingga memungkinkan peserta didik memahami persamaan matematika dalam konsep-konsep fisika dan merepresentasikannya. Melalui proyek STEAM, peserta didik dapat menemukan solusi atas permasalahan yang diberikan guru dan mengembangkan ide-ide kreatif dan inovatif sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (Wandari et al., 2018).

Dari segi penelitian, minat terhadap pendekatan STEAM dalam pendidikan fisika di Indonesia semakin meningkat, hal ini ditunjukkan dengan semakin banyaknya publikasi setiap tahunnya. Sebagian besar penelitian menggunakan penelitian eksperimental untuk menguji efektivitas dan penerapan pendekatan STEAM pada peserta didik. Instrumen penelitian yang paling umum digunakan adalah tes, yang digunakan untuk mengukur efektivitas pendekatan STEAM terhadap hasil belajar peserta didik. Topik fisika yang paling banyak diteliti adalah cahaya dan optik, karena mengandung konsep-konsep yang sulit dipahami peserta didik. Topik fisika lainnya

seperti gelombang bunyi juga banyak diteliti karena adanya persamaan matematika yang sering menimbulkan miskonsepsi di kalangan peserta didik. Namun masih banyak topik fisika yang belum diteliti dengan pendekatan STEAM, seperti kesetimbangan benda tegar, suhu dan kalor, hukum Newton, elektromagnetisme, kelistrikan, dan gerak proyektil. Variabel yang paling umum diukur dalam penelitian STEAM adalah kreativitas peserta didik, karena kombinasi seni dan sains dapat meningkatkan kreativitas peserta didik (Widarti & Roshayanti, 2021).

Berbagai model pembelajaran yang digunakan peneliti ketika menerapkan pendekatan STEAM pada peserta didik. Ada model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) yang paling banyak digunakan, itulah sebabnya pendekatan STEAM mengandung seni, salah satu penilaian seni adalah kreativitas (Conradty & Bogner, 2020) dan dapat dihasilkan dari proyek yang telah dilaksanakan oleh peserta didik (Priantari et al., 2020); (Rohman et al., 2022); (Sakdiah et al., 2022), mengintegrasikan model pembelajaran dalam pendekatan STEAM merupakan metode pembelajaran yang inovatif dan mendapat dampak positif tanggapan peserta didik dan guru (Adlina, 2022); (Darmadi et al., 2022); (Nurhasanah & MS, 2021). Beberapa artikel yang tidak menyebutkan model pembelajaran yang digunakan atau dianalisis.

Integrasi model Problem Based Learning (PBL) dalam pendekatan STEAM menunjukkan dampak positif dalam pembelajaran fisika. Beberapa manfaat dari pendekatan ini meliputi: Meningkatkan keterampilan berpikir kreatif peserta didik dan pemahaman konsep (Budiyono et al., 2020). Meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kecerdasan emosional peserta didik (Hafsah Adha Diana & Veni Saputri, 2021), dan Meningkatkan kemampuan 4C (*creativity, collaboration, critical thinking, and communication*) peserta didik (Angga, 2022).

Integrasi model PBL dalam pendekatan STEAM menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif dalam meningkatkan penguasaan konsep peserta didik. Hal ini disebabkan oleh pengalaman belajar yang mencakup aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap secara sepaket, serta menempatkan peserta didik sebagai pembelajar yang aktif. Upaya yang dikembangkan dalam artikel ini menunjukkan upaya peneliti dalam pengembangan pendekatan STEAM.

Pengintegrasian model pembelajaran berbasis inkuiri dalam pendekatan STEAM memberikan dampak positif terhadap pendidikan STEAM. Menurut (Andriani, 2020), pembelajaran berbasis inkuiri merupakan strategi yang efektif untuk meningkatkan penguasaan konsep peserta didik, karena memberikan pengalaman belajar yang mencakup pengetahuan, keterampilan, dan sikap, serta menempatkan peserta didik sebagai pembelajar aktif. Model

pembelajaran berbasis inkuiri mendorong peserta didik untuk bertanya, menyelidiki, dan memecahkan masalah, sehingga dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan kecerdasan emosional (Hafsah Adha Diana & Veni Saputri, 2021). Selain itu, pengintegrasian pembelajaran berbasis inkuiri dalam pendekatan STEAM juga dapat meningkatkan keterampilan 4C peserta didik yaitu kreativitas, kolaborasi, berpikir kritis, dan komunikasi (Angga, 2022); (Widayanti et al., 2022). Penggunaan pembelajaran berbasis inkuiri dalam pendekatan STEAM memungkinkan peserta didik untuk mengembangkan keterampilan pemecahan masalah dan kreativitasnya, yang sangat penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Oleh karena itu, integrasi pembelajaran berbasis inkuiri dalam pendekatan STEAM merupakan cara yang inovatif dan efektif untuk meningkatkan pendidikan STEAM.

Masih kurangnya penelitian mengenai penerapan pendekatan STEAM dalam pendidikan fisika dengan menggunakan teknologi pembelajaran canggih seperti modul elektronik, sistem manajemen pembelajaran, laboratorium virtual, telepon pintar, dan lain-lain. Menurut (Ley et al., 2022), mengintegrasikan teknologi yang lebih maju akan memudahkan guru dalam mengajar dan efektif bagi peserta didik dalam

memahami konsep-konsep abstrak. Terlebih lagi, karena banyak peserta didik yang sudah memiliki ponsel pintar, maka penggunaan ponsel pintar dalam pembelajaran dapat membuat peserta didik tertarik, sehingga mereka tidak cepat bosan dengan materi yang diajarkan, dan mereka juga dapat memperoleh informasi tentang mata pelajaran secara luas dan cepat (Marín-Marín et al., 2021); (Putranta et al., 2021). Namun, penelitian tentang integrasi teknologi pembelajaran lanjutan dalam pendekatan STEAM dalam pendidikan fisika masih kurang. Integrasi pendekatan STEAM melalui pembelajaran berbasis proyek dapat membantu peserta didik menemukan solusi permasalahan yang diberikan guru, serta mengembangkan ide-ide kreatif dan inovatif sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Penggunaan pembelajaran berbasis inkuiri dengan pendekatan STEAM juga dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan kecerdasan emosional peserta didik. Penelitian tentang pendekatan STEAM dalam pendidikan fisika di Indonesia masih minim, dan banyak guru menghadapi kesulitan dalam menerapkan proyek STEAM. Namun

beberapa penelitian menunjukkan bahwa mengintegrasikan seni dalam pendekatan STEAM dapat meningkatkan kreativitas dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Metode penelitian yang paling umum digunakan adalah penelitian eksperimen, dan instrumen penelitian yang paling umum digunakan adalah instrumen tes. Topik fisika yang paling umum dipelajari adalah cahaya dan optik, serta gelombang suara. Variabel yang paling sering diukur adalah kreativitas peserta didik.

#### **D. Kesimpulan**

Dalam konteks pendidikan fisika di Indonesia, penerapan pendekatan STEAM pada pembelajaran masih terbatas, terutama disebabkan oleh kesulitan yang dihadapi oleh para guru. Penelitian menunjukkan bahwa pendekatan STEAM, yang merupakan pengembangan dari STEM dengan tambahan aspek seni (Art), bertujuan untuk melatih kreativitas peserta didik. Kreativitas ini diharapkan mampu memecahkan permasalahan dan memahami konsep fisika dengan lebih baik.

Meskipun terdapat kesulitan dalam implementasinya, beberapa penelitian menunjukkan bahwa aspek-aspek pendekatan STEAM sudah terpenuhi dan dapat menjadi acuan bagi para guru dalam menerapkannya. Sebaran publikasi



artikel tentang pendekatan STEAM pada pembelajaran fisika di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya, mencerminkan ketertarikan yang meningkat terhadap metode ini. Jenis penelitian yang umum digunakan adalah penelitian eksperimen, dengan fokus pada efektivitas dan implementasi pendekatan STEAM kepada peserta didik.

Tantangan yang dihadapi guru dalam menerapkan proyek STEAM juga diakui, namun integrasi pendekatan ini melalui pemberian proyek-proyek dapat membantu peserta didik menemukan solusi atas permasalahan, menciptakan ide kreatif, dan meningkatkan pemahaman konsep fisika. Kesimpulannya, sementara masih ada kendala dalam penerapan, minat terhadap pendekatan STEAM dalam pendidikan fisika di Indonesia semakin meningkat, dan hasil penelitian menunjukkan dampak positif terhadap hasil belajar dan kreativitas peserta didik.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Adlina, N. (2022). Inovasi Pembelajaran di Masa Pandemi COVID-19 dengan Pendekatan STEAM di Era Society 5.0. *JURNAL SYNTAX IMPERATIF: Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan*, 2(6), 120. <https://doi.org/10.36418/syntax->

[imperatif.v2i6.134](https://doi.org/10.36418/syntax-imperatif.v2i6.134)

Andriani, A. (2020). Bandul si Alarm Gempa Produk Implementasi STEAM dalam Pembelajaran Fisika Berbasis Inquiry Pada kelas XI MIA 4 di SMAN 4 Kejuruan Muda Tp 2019/2020. *GRAVITASI: Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains*, 3(01), 6–11. <https://doi.org/10.33059/gravitasi.jpfs.v3i01.2312>

Angga, A. (2022). Penerapan Problem Based Learning Terintegrasi STEAM untuk Meningkatkan Kemampuan 4C Siswa. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*, 6(1), 281–294. <https://doi.org/10.26811/didaktika.v6i1.541>

Badriyah, N. L., Anekawati, A., & Azizah, L. F. (2020). Application of PjBL with brain-based STEAM approach to improve learning achievement of students. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 6(1), 88–100. <https://doi.org/10.21831/jipi.v6i1.29884>

Booth, A., Papaioannou, D., & Sutton, A. (2014). Systematic Approaches to a Successful Literature Review. In *Journal of the Canadian Health Libraries Association / Journal de l'Association des bibliothèques de la santé du Canada* (Vol. 34, Issue 1). <https://doi.org/10.5596/c13-009>

Budiyono, A., Hotimatul, H., & Arin, W. (2020). *Agus Budiyono, Hotimatul Husna, Arin Wildani*. 12(2), 166–176.

Conradty, C., & Bogner, F. X. (2020). STEAM teaching professional development works: effects on students' creativity and

- motivation. *Smart Learning Environments*, 7(1).  
<https://doi.org/10.1186/s40561-020-00132-9>
- Darmadi, Budiono, & M. Rifai. (2022). Pembelajaran STEAM Sebagai Pembelajaran Inovatif. *Jurnal Multidisiplin Madani*, 2(8), 3469–3474.  
<https://doi.org/10.55927/mudima.v2i8.924>
- Fitria, T., Yogyakarta, U. N., Kuswanto, H., Yogyakarta, U. N., Sunu, W., Dwandaru, B., Yogyakarta, U. N., Jumadi, J., & Yogyakarta, U. N. (2023). *PERKEMBANGAN PENELITIAN PENDEKATAN STEAM PADA PEMBELAJARAN*. October.  
<https://doi.org/10.15408/es.v13i2.29929>
- Hafsah Adha Diana, & Veni Saputri. (2021). Model Project Based Learning Terintegrasi Steam Terhadap Kecerdasan Emosional Dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Berbasis Soal Numerasi. *Numeracy*, 8(2), 113–127.  
<https://doi.org/10.46244/numeracy.v8i2.1609>
- Im, S., Yoon, H. G., & Cha, J. (2016). Pre-service science teacher education system in South Korea: Prospects and challenges. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1863–1880.  
<https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1533a>
- Kartika, I., Aroyandini, E. N., Maulana, S., & Fatimah, S. (2022). Analisis prinsip konstruktivisme dalam pembelajaran fisika berbasis Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics (STEAM). *Jurnal Pembangunan Pendidikan: Fondasi Dan Aplikasi*, 10(1), 23–33.  
<https://doi.org/10.21831/jppfa.v10i1.46381>
- Lestari, S. (2021). Pengembangan Orientasi Keterampilan Abad 21 pada Pembelajaran Fisika melalui Pembelajaran PjBL-STEAM Berbantuan Spectra-Plus. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 6(3), 272–279.  
<https://doi.org/10.51169/ideguru.v6i3.243>
- Ley, T., Tammets, K., Sarmiento-Márquez, E. M., Leoste, J., Hallik, M., & Poom-Valickis, K. (2022). Adopting technology in schools: modelling, measuring and supporting knowledge appropriation. *European Journal of Teacher Education*, 45(4), 548–571.  
<https://doi.org/10.1080/02619768.2021.1937113>
- Malone, K. L. (2008). Correlations among knowledge structures, force concept inventory, and problem-solving behaviors. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 4(2), 1–15.  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.4.020107>
- Marín-Marín, J. A., Moreno-Guerrero, A. J., Dúo-Terrón, P., & López-Belmonte, J. (2021). STEAM in education: a bibliometric analysis of performance and co-words in Web of Science. *International Journal of STEM Education*, 8(1).  
<https://doi.org/10.1186/s40594-021-00296-x>
- Nasrah, Amir, R. H., & Purwanti, R. Y. (2019). EFEKTIVITAS MODEL PEMBELAJARAN STEAM (SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING, ART, AND

- MATHEMATICS) PADA SISWA KELAS IV SD. *JKPD (Jurnal Kajian Pendidikan Dasar)*, 6(1), 1–13.  
<https://36.89.54.123/index.php/jkpd/article/view/4166>
- Nurhasanah, A., & MS, Z. (2021). Penerapan Pembelajaran Inovatif STEAM di Sekolah Dasar. *JIKAP PGSD: Jurnal Ilmiah Ilmu Kependidikan*, 5(2), 204.  
<https://doi.org/10.26858/jkp.v5i2.20309>
- Priantari, I., Prafitasari, A. N., Kusumawardhani, D. iRetno, & Susanti, S. (2020). *View of Improving Students Critical Thinking through STEAM-PjBL Learning*. 4(2), 94–102.  
<http://bioeducation.ppj.unp.ac.id/index.php/bioedu/article/view/283/90>
- Putranta, H., Setiyatna, H., Supahar, & Rukiyati. (2021). The effect of smartphones usability on high school students' science literacy ability in physics learning. *European Journal of Educational Research*, 10(3), 1383–1396.  
<https://doi.org/10.12973/EU-JER.10.3.1383>
- Putri, N. T., Wangi, N. S. F. A., & Sari, N. S. F. A. (2019). Study Literasi Penerapan Pembelajaran Fisika Berbasis STEM dalam Siklus Belajar 5E untuk Meningkatkan Kemampuan Memecahkan Masalah Siswa pada Pembelajaran Fisika. *Seminar Nasional Pendidikan Sains*, 104.
- Rohman, M. H., Marwoto, P., & Priatmoko, S. (2022). A Study of Sound Materials of Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes*) as Alternative STEAM Integrated Project-Based Learning Model (PjBL). *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 8(1), 11–22.  
<https://doi.org/10.21009/1.08102>
- Rosana, D. (2016). Pengembangan Alat Praktikum Sains (Fisika) Untuk Anak Penyandang Ketunaan Serta Aplikasinya Pada Pendidikan Inklusif. *Jurnal Materi Dan Pembelajaran Fisika (JMPF)*, 4(2), 1–7.
- Safriana, S., Ginting, F. W., & Khairina, K. (2022). Pengaruh Model Project Based Learning Berbasis Steam Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Pada Materi Alat- Alat Optik Di Sma. *Jurnal Dedikasi Pendidikan*, 6(1), 127–136.  
<https://doi.org/10.30601/dedikasi.v6i1.2315>
- Sakdiah, H., Ginting, F. W., Rejeki, N. S., & Miranda, A. (2022). Pembelajaran STEAM Terhadap Keterampilan Proses Sains Ditinjau dari Sikap Ilmiah Mahasiswa pada Mata Kuliah Kajian Fisika Kejuruan. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(5), 2531–2536.  
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i5.2313>
- Sari, P. K., Dendi Wijaya Saputra, Ferihen, & Winata, W. (2021). *STEAM (Sains, Teknologi, Engineering, Art and Mathematics)* (Cetak Pert). UMJ Press.
- Wandari, G. A., Wijaya, A. F. C., & Agustin, R. R. (2018). The Effect of STEAM-based Learning on Students' Concept Mastery and Creativity in Learning Light And Optics. *Journal of Science Learning*, 2(1), 26.  
<https://doi.org/10.17509/jsl.v2i1.12878>

Widarti, R., & Roshayanti, F. (2021). Potensi Implementasi STEAM (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematic) berorientasi ESD (Education for Sustainable Development) dalam Pembelajaran Fluida. *Unnes Physics Education Journal*, 10(3), 291–295.

Widayanti, K., Amaliah, A. K., & Ummi Sholikahah, A. (2022). 37. Penggunaan E-Modul Berbasis Etnosains Pada Sekolah Menengah Atas Mata Pelajaran Fisika: Studi Literature. *SNPPM-4 (Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 4, 117–122. <https://prosiding.ummetro.ac.id/index.php/snppm/article/view/70>