



Analisis Kebutuhan Pengembangan E-Modul Berbasis STEM dengan Memanfaatkan Membran Nanofiber pada Materi Pencemaran Lingkungan

M. Aswa Azhari, Ida Sriyanti*, Leni Marlina

Magister Pendidikan Fisika, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

Abstrak

Kemajuan teknologi telah mendorong penggunaan media pembelajaran interaktif, termasuk dalam pengajaran sains yang kerap disampaikan hanya melalui buku teks. E-modul berbasis STEM menawarkan solusi dengan menggabungkan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*, serta inovasi seperti membran nanofiber untuk mempermudah pemahaman konsep ilmiah. Penelitian ini bertujuan menganalisis kebutuhan e-modul berbasis STEM dengan membran *nanofiber* pada materi pencemaran lingkungan di SMP Negeri 17 Palembang. Metode penelitian menggunakan deskriptif kualitatif dengan teknik *purposive sampling*, melibatkan 133 siswa kelas VII. Data dikumpulkan melalui wawancara dan kuesioner, kemudian dianalisis menggunakan statistik deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan pembelajaran IPA masih didominasi metode konvensional, sehingga siswa kurang aktif dan kesulitan memahami materi pencemaran lingkungan. Namun, siswa dan guru mendukung pengembangan e-modul STEM berbantuan membran *nanofiber* karena diyakini dapat meningkatkan keterlibatan, pemahaman, dan keterampilan berpikir kritis. Oleh karena itu, pengembangan e-modul ini diharapkan dapat menjadikan pembelajaran sains lebih interaktif, relevan, dan aplikatif.

Masuk:
5 Maret 2025
Diterima:
26 Mei 2025
Diterbitkan:
30 Juni 2025

Kata kunci:

E-Modul, Membran Nanofiber, Pencemaran Lingkungan, STEM.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang terus berlanjut telah memberikan dampak signifikan terhadap berbagai bidang kehidupan manusia, seperti peradaban, budaya, sektor bisnis, pemerintahan, hingga dunia pendidikan (Sriyanti, 2021). Dengan menggunakan materi pembelajaran yang semakin menarik secara visual, pendidikan telah berubah secara signifikan seiring dengan kemajuan teknologi (Melati dkk., 2023). Pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam dunia pendidikan telah mendorong munculnya berbagai inovasi pembelajaran, salah satunya melalui penggunaan media pembelajaran (Putra dkk., 2023). Media pembelajaran merupakan sarana yang

digunakan dalam kegiatan pembelajaran untuk membantu tercapainya tujuan pendidikan. Media ini bisa berupa alat fisik maupun non-fisik yang dimanfaatkan pendidik guna meningkatkan efektivitas dan efisiensi penyampaian materi kepada siswa (Puspitarini & Hanif, 2019).

Sains dikenal sebagai pelajaran yang cukup rumit dan menuntut pemahaman mendalam, sehingga tidak jarang dianggap sulit oleh siswa. Sebagian besar konten dalam sains adalah abstrak dan kompleks, sehingga sulit untuk dipahami. Berdasarkan penelitian di SMP Negeri 17 Palembang, mayoritas pembelajaran IPA masih sangat bergantung pada buku teks terutama untuk topik pencemaran lingkungan.

*Korespondensi: Ida Sriyanti ✉ ida_sriyanti@unsri.ac.id 📍 Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Palembang - Prabumulih No.KM. 32, Indralaya Indah, Kec. Indralaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan.

Distribusi materi pembelajaran berbasis teknologi dianggap sebagai cara yang berhasil untuk mengatasi masalah ini, terutama di bidang sains yang abstrak dan menantang untuk dipahami (Arianti dkk., 2022).

Pembuatan sumber daya pengajaran elektronik adalah salah satu jawaban yang diberikan untuk menjawab masalah ini. Ada berbagai manfaat dari penggunaan sumber daya pengajaran elektronik. Menurut Rindaryati (2021) bahan ajar digital memiliki keunggulan dalam hal kepraktisan, ketahanan, serta kemudahan akses. Sementara itu, bahan ajar yang dilengkapi dengan fitur seperti gambar, audio, video, link, simulasi, dan animasi dinilai lebih interaktif dan menarik (Sriwahyuni dkk., 2019). E-modul merupakan salah satu sumber daya bahan ajar elektronik. Siswa dapat menggunakan e-modul untuk belajar sendiri karena e-modul bersifat interaktif dan memfasilitasi pembelajaran. E-modul adalah sumber belajar yang disajikan untuk memfasilitasi pembelajaran mandiri siswa (Sembiring dkk., 2021). E-modul mempermudah siswa dalam mencapai kompetensi dasar sesuai dengan kemampuan dan kecepatan belajar masing-masing (Rukmi & Diyana, 2024).

E-modul adalah bentuk digital dari modul konvensional yang disajikan melalui perangkat elektronik, seperti komputer, untuk memberikan kemudahan akses terhadap berbagai materi pembelajaran secara lebih luas. Dengan keunggulan tersebut, e-modul memiliki peran yang semakin signifikan dalam proses pengajaran, pembelajaran, dan pengembangan ilmu pengetahuan (Pahrudin dkk., 2019). Fitur bahan tontonan ini mencakup pengenalan konten serta komponen tambahan seperti rekaman, akses langsung, model pertanyaan, dan latihan dengan materi (Anwar dkk., 2021). Dalam pengembangan e-modul, inovasi diperlukan, yaitu modul berbasis pendekatan, metode, atau model, untuk membuatnya lebih menarik.

Pembelajaran berbasis STEM adalah salah satu pendekatan pendidikan yang saat ini sangat mendukung

pengembangan keterampilan abad ke-21 (Siddiq & Asrizal, 2023). STEM merupakan pendekatan pendidikan yang menggabungkan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Pendekatan ini telah digunakan sejak diperkenalkan oleh National Science Foundation pada tahun 1990-an untuk mendukung pengembangan keterampilan siswa (Putra dkk., 2024).

STEM mencakup beberapa aspek, di antaranya aspek sains, yang melibatkan penggunaan pengetahuan dan keterampilan proses ilmiah untuk memahami serta mengelola fenomena alam (Agung dkk., 2022). Aspek teknologi meliputi pemahaman tentang proses teknologi baru dapat dikembangkan dan diterapkan untuk mempermudah pekerjaan manusia. Aspek teknik rekayasa berkaitan dengan operasi, perancangan, atau perakitan yang didasarkan pada ilmu pengetahuan dan teknologi (Lestari dkk., 2018). Di sisi lain, komponen matematika menekankan pada kemampuan untuk mengevaluasi, mendukung, menyelesaikan masalah, dan menguraikan data serta hasil perhitungan.

Prihatiningtyas & Tamrin (2023) melakukan penelitian tentang teknologi membran nanofiber yang digunakan untuk memisahkan berbagai campuran bahan, termasuk air limbah, air asin, dan limbah gas yang mengandung polutan. Mereka juga menunjukkan bahwa dalam pengolahan air limbah, aplikasi membran berfungsi sebagai sistem pengolahan fisik, di mana membran berfungsi sebagai unit penyaringan non-biologis. Dalam sistem ini, air limbah melewati membran selama proses pemisahan. Kombinasi e-modul, pendekatan STEM, dan membran nanofiber dapat menciptakan pengalaman belajar yang efektif dan menarik. E-modul membantu mengilustrasikan konsep ilmiah seperti filtrasi air, memungkinkan memahami pencemaran dan pencegahannya secara mendalam. Integrasi teknologi ini dapat meningkatkan pemahaman konsep serta minat siswa terhadap STEM dan hasil belajar pun meningkat.

Berdasarkan penjelasan di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan e-modul berbasis STEM dengan memanfaatkan membran nanofiber pada materi pencemaran lingkungan. Analisis kebutuhan sangat penting dilakukan sebelum mengembangkan e-modul berbasis STEM dengan memanfaatkan membran nanofiber pada materi pencemaran lingkungan untuk memastikan bahwa media pembelajaran yang dirancang benar-benar sesuai dengan karakteristik, kemampuan, dan kebutuhan siswa serta tuntutan kurikulum. Analisis kebutuhan berfungsi untuk mengidentifikasi permasalahan dalam pembelajaran yang sedang berlangsung, kesenjangan antara kondisi ideal dan kondisi aktual, serta potensi yang dapat dikembangkan melalui penggunaan e-modul. Tanpa analisis kebutuhan yang tepat, pengembangan e-modul berisiko tidak efektif karena tidak relevan dengan konteks pembelajaran atau tidak mampu menjawab tantangan yang dihadapi siswa dan guru. Dengan demikian, analisis kebutuhan menjadi tahap awal yang krusial untuk menjamin relevansi, efisiensi, dan kebermanfaatan e-modul dalam meningkatkan kualitas pembelajaran IPA berbasis STEM.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah deskriptif kualitatif untuk mendeskripsikan kebutuhan e-modul berbasis STEM dengan memanfaatkan membran nanofiber pada materi pencemaran lingkungan. Pendekatan deskriptif kualitatif dilakukan dengan cara menganalisis, mengkarakterisasi, dan meringkas berbagai latar serta skenario data yang dikumpulkan melalui wawancara dan kuisisioner terkait permasalahan yang muncul di lapangan. Instrumen yang digunakan adalah pedoman wawancara dan pedoman kuisisioner yang dirancang untuk menggali informasi secara mendalam mengenai kondisi pembelajaran, kebutuhan siswa, dan tantangan dalam penerapan e-modul berbasis STEM (Abdussamad, 2021).

Penelitian ini melibatkan guru IPA dan 133 siswa dari 4 kelas VII SMP Negeri 17 Palembang. *Purposive sampling* adalah teknik seleksi sampel yang didasarkan pada alasan atau kriteria tertentu yang relevan dengan fokus penelitian. Dalam studi ini, teknik tersebut digunakan untuk menentukan subjek yang relevan dengan tujuan penelitian, yaitu guru dan siswa yang terlibat langsung dalam proses pembelajaran IPA serta memiliki pengalaman dalam penggunaan media pembelajaran digital. Selain itu, pertimbangan praktis lainnya meliputi ketersediaan waktu, kemudahan akses, dan kesediaan responden untuk memberikan informasi secara mendalam terkait kebutuhan dan tantangan dalam pengembangan e-modul berbasis STEM. Teknik ini sering digunakan dalam penelitian kualitatif untuk memastikan bahwa sampel yang diambil mewakili ciri-ciri penting dari populasi yang diteliti (Lenaini, 2021).

Dalam penelitian ini, data dianalisis menggunakan analisis statistik deskriptif. Analisis ini melibatkan pengorganisasian, peringkasan, dan penyajian data dengan cara yang terstruktur dan sistematis, sehingga dapat dibaca, dipahami, dan diinterpretasikan secara langsung oleh pembaca tanpa memerlukan analisis lanjutan yang kompleks. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan data yang telah diklasifikasikan, sehingga memudahkan pemahaman terhadap informasi kuantitatif secara menyeluruh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam rangka mengembangkan e-modul berbasis STEM dengan memanfaatkan membran nanofiber pada materi pencemaran lingkungan, studi awal ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran umum tentang karakteristik dan kebutuhan belajar siswa. Hasil wawancara dengan guru, disertai analisis data dari kuisisioner kebutuhan siswa, mengungkapkan sejumlah tantangan yang dihadapi oleh guru dan siswa dalam proses

pembelajaran. Rincian hasil wawancara tersebut ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Kebutuhan Berdasarkan Wawancara Guru

No.	Pertanyaan	Jawaban
1.	Apakah pembelajaran IPA di sekolah Bapak/Ibu sudah menggunakan pendekatan STEM?	Belum, karena selama ini kami lebih banyak menggunakan metode konvensional, jadi pendekatan STEM memang belum diterapkan.
2.	Apakah siswa sering mengalami kesulitan memahami materi pencemaran lingkungan?	Iya, itu salah satu materi yang cukup sulit dan kurang diminati siswa
3.	Apakah siswa menunjukkan ketertarikan terhadap penggunaan teknologi dalam pembelajaran	Iya, penggunaan teknologi lebih menarik minat siswa dalam pembelajaran
4.	Apakah pembelajaran IPA saat ini sudah interaktif dan melibatkan siswa aktif?	Belum, siswa kebanyakan menjadi pendengar saja saat pembelajaran
5.	Menurut Anda, apakah e-modul dapat meningkatkan keterlibatan siswa?	Saya yakin bisa. Dengan e-modul, siswa akan lebih tertarik karena belajarnya tidak hanya lewat buku.
6.	Apakah e-modul berbasis STEM membantu siswa memahami pencemaran lingkungan?	Tentu. Pendekatan STEM membuat siswa lebih paham karena belajarnya berbasis praktik, bukan hanya teori.
7.	Apakah integrasi membran nanofiber dalam e-modul akan menarik bagi siswa?	Tentu saja. Penggunaan hal baru dalam pembelajaran akan lebih menarik minat siswa
8.	Apakah Anda tertarik menggunakan membran nanofiber dalam pembelajaran?	Iya, saya tertarik sekali karena itu bisa membuka wawasan siswa tentang teknologi baru
9.	Apakah sekolah memiliki infrastruktur yang memadai untuk penggunaan e-modul?	Iya, komputer dan internet sudah tersedia.
10.	Apakah anda siap untuk mengimplementasikan e-modul berbasis STEM?	Saya siap, asal ada pelatihan dan pendampingan supaya kami bisa memaksimalkan penggunaannya.
11.	Apakah Anda setuju jika peneliti mengembangkan e-modul ini?	Ya, saya sangat setuju karena e-modul akan membantu meningkatkan minat dan pemahaman siswa.

Hasil wawancara guru pada Tabel 1 menunjukkan bahwa pembelajaran IPA di sekolah saat ini masih didominasi metode konvensional, sehingga siswa cenderung pasif dan mengalami kesulitan, terutama dalam memahami materi pencemaran lingkungan. Meskipun demikian, guru melihat banyak hal yang menjanjikan dalam teknologi, terutama dalam e-modul berbasis STEM yang mengintegrasikan membran nanofiber, yang dianggap dapat meningkatkan keterlibatan, pemahaman, dan minat belajar siswa. Sekolah sudah memiliki infrastruktur yang memadai,

seperti komputer dan internet, sehingga siap mendukung penerapan e-modul. Guru juga menyatakan kesiapan mereka untuk mengimplementasikan inovasi ini, asalkan didampingi pelatihan dan bimbingan yang memadai. Secara umum, guru mendukung pembuatan e-modul STEM dengan memanfaatkan membran nanofiber sebagai cara untuk meningkatkan pendidikan sains dengan cara yang lebih menarik, interaktif, dan berkelanjutan.

Wawancara dengan guru mengungkapkan bahwa pengajaran sains masih sangat bergantung pada metode

konvensional dan belum memasukkan pendekatan STEM ke dalam praktik pembelajaran di kelas. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian oleh (Shodiq & Setyono, 2025) yang menyatakan bahwa penggunaan pendekatan STEM mampu meningkatkan keterampilan berpikir siswa. Materi pencemaran lingkungan sering kali menjadi tantangan bagi siswa karena dianggap kompleks dan kurang menarik. Selain itu, pembelajaran yang kurang interaktif menyebabkan keterlibatan siswa rendah, di mana siswa lebih banyak menjadi pendengar. Guru merasa bahwa penggunaan e-modul, terutama yang berbasis STEM dan menggabungkan teknologi seperti membran nanofiber, dapat meningkatkan keterlibatan, perhatian, dan pemahaman siswa terhadap materi pencemaran

lingkungan. Perspektif ini didukung oleh penelitian (Aeni & Widodo, 2022) yang membuktikan bahwa e-modul dapat secara efektif meningkatkan hasil belajar siswa.

Dalam penelitian ini, peneliti menyebarkan kuisioner kepada siswa secara langsung menggunakan angket analisis kebutuhan. Sebelum mengisi angket, peneliti memberikan gambaran umum dan contoh e-modul yang akan dikembangkan kepada siswa sebagai pengenalan awal. Sebanyak 133 siswa ikut serta dalam penelitian ini sebagai responden. Tujuan utama dari kuisioner ini adalah untuk mengidentifikasi persentase siswa yang menunjukkan minat untuk menggunakan e-modul (Nurmahmuddin, dkk., 2023). Hasil kuisioner disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Kebutuhan Siswa

No	Kategori	N	Persentase
1	Pembelajaran IPA kurang menarik	84	63%
2	Bahan ajar yang digunakan kurang menarik	75	56%
3	Bahan ajar yang digunakan adalah buku	131	98%
4	Guru belum menggunakan e-modul	102	77%
5	Siswa merasa e-modul membuat IPA lebih menarik	120	90%
6	Guru belum menggunakan pendekatan STEM	90	68%
7	Siswa merasa pendekatan STEM membuat IPA lebih menarik	101	76%
8	Siswa merasa penggunaan hal baru menambah ketertarikan	126	95%
9	Guru belum menggunakan teknologi	101	76%
10	Siswa tertarik menggunakan teknologi dalam pembelajaran IPA	120	90%
11	Siswa tertarik menggunakan membran nanofiber dalam pembelajaran	106	80%
12	Siswa kesulitan mempelajari pencemaran lingkungan	95	71%
13	Penyebab kesulitan adalah materi kurang menarik	80	60%
14	Siswa termotivasi jika diberi tugas menantang	99	74%
15	Siswa merasa berpikir kritis penting untuk memecahkan masalah	103	77%
16	Siswa merasa e-modul STEM berbantuan membran nanofiber membantu keterampilan berpikir kritis	105	79%
17	Siswa perlu pelatihan/bimbingan dalam penggunaan e-modul	106	80%
18	Siswa merasa sekolah memiliki fasilitas memadai	103	77%
19	Siswa memiliki akses ke perangkat digital	101	76%
20	Siswa merasa guru siap membimbing penggunaan e-modul STEM berbantuan membran nanofiber	117	88%
21	Siswa nyaman menggunakan perangkat digital untuk belajar	123	92%
22	Siswa setuju jika peneliti mengembangkan e-modul STEM berbantuan membran nanofiber pada materi pencemaran lingkungan	114	86%

Menurut data yang diperoleh dari hasil analisis kebutuhan pada Tabel 2, mayoritas siswa percaya bahwa

pengajaran sains saat ini kurang menarik karena sumber daya pengajaran yang berulang-ulang, terbatas pada buku cetak,

dan jarang menyertakan teknologi atau tugas-tugas yang sulit. Siswa sering mengalami kesulitan terutama dalam memahami materi pencemaran lingkungan karena dianggap sulit dan kurang memotivasi. Meskipun demikian, sebagian besar siswa sangat tertarik untuk menggunakan teknologi dalam pembelajaran, termasuk e-modul berbasis STEM, yang diharapkan dapat meningkatkan daya tarik pembelajaran, membuat pembelajaran menjadi lebih mudah, dan meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Siswa juga merasa penggunaan hal-hal baru seperti membran nanofiber dalam e-modul akan semakin meningkatkan minat mereka. Selain itu, mereka merasa memiliki akses yang cukup ke perangkat digital dan merasa nyaman belajar menggunakan teknologi, meskipun mereka tetap membutuhkan bimbingan atau pelatihan agar dapat memanfaatkan e-modul dengan optimal. Secara keseluruhan, siswa sangat mendukung pengembangan e-modul berbasis STEM berbantuan membran nanofiber karena mereka yakin pendekatan ini mampu menjadikan pembelajaran IPA lebih menarik, menantang, serta memberikan manfaat dalam mengembangkan keterampilan belajar siswa.

Hasil analisis kebutuhan menunjukkan para siswa percaya bahwa bahan ajar yang membosankan yang hanya terdiri atas buku cetak serta kurangnya kegiatan yang menuntut dan integrasi teknologi membuat pelajaran sains menjadi kurang menarik. Kesulitan memahami materi pencemaran lingkungan juga sering dialami siswa, karena materi dianggap sulit dan kurang memotivasi. Namun, mayoritas siswa sangat tertarik pada penggunaan teknologi, khususnya e-modul berbasis STEM yang dianggap mampu meningkatkan motivasi belajar, memperdalam pemahaman, serta melatih keterampilan berpikir kritis. Penggunaan inovasi seperti membran nanofiber dalam e-modul dinilai akan semakin meningkatkan minat dan keterlibatan mereka. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh (Ardi dkk.,

2024) yang menunjukkan bahwa e-modul berbasis STEM yang memanfaatkan membran nanofiber dapat meningkatkan hasil belajar siswa dan mendorong pengembangan keterampilan berpikir mereka.

SIMPULAN

Dapat disimpulkan dari hasil dan pembahasan bahwa guru dan siswa SMP Negeri 17 Palembang mendukung penggunaan e-modul berbasis STEM dengan memanfaatkan membran nanofiber untuk pembelajaran pencemaran lingkungan. Pembelajaran IPA khususnya topik-topik yang berkaitan dengan pencemaran lingkungan sangat relevan karena secara langsung berdampak pada kehidupan sehari-hari. Guru yang menggunakan sumber daya pendidikan seperti e-modul dapat menyampaikan pengetahuan secara efektif dan mendorong perubahan positif untuk mencapai tujuan pembelajaran. Pengamatan dari jawaban wawancara dan kuesioner menunjukkan bahwa siswa masih kesulitan dalam memahami materi pencemaran lingkungan dalam pembelajaran sains, terutama karena penggunaan metode pengajaran yang masih konvensional. Karena itu, diperlukan inovasi bahan ajar seperti e-modul yang interaktif dan mudah diakses. Pendekatan STEM membantu siswa memahami konsep melalui penerapan nyata, meningkatkan keterampilan berpikir kritis, serta membuat pembelajaran lebih menarik. Membran nanofiber sebagai alat filtrasi air dapat menjadi media pembelajaran yang kontekstual dan praktis. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pengembangan e-modul berbasis STEM dengan memanfaatkan membran nanofiber sebagai media pembelajaran yang interaktif, mudah diakses, menarik, kontekstual, praktis, dan relevan untuk meningkatkan pemahaman siswa pada materi pencemaran lingkungan.

REFERENSI

Abdussamad, H. Z. ; S. M. S. (2021). Metode Penelitian Kualitatif. In CV. Syakir

- Media Press.*
- Aeni, W. N., & Widodo, W. (2022). Penggunaan E-Modul Interaktif Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Smp Pada Materi Kalor. *Pensa E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 10(2), 193–202. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/pensa>
- Agung, I. D. G., Suardana, I. N., & Rapi, N. K. (2022). E-Modul IPA dengan Model STEM-PjBL Berorientasi Pendidikan Karakter untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Imiah Pendidikan Dan Pembelajaran*, 6(1), 120. <https://doi.org/10.23887/jipp.v6i1.42657>
- Anwar, M., Alimin, & Munawwarah. (2021). An interactive e-book development based on green chemistry study on Hydrocarbon. *Journal of Physics: Conference Series*, 1899(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1899/1/012161>
- Ardi, A., Sriyanti, I., & Marlina, L. (2024). Pengembangan e-lkpd berbasis pbl dengan pendekatan stem berbantuan memberan nanofiber untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa.
- Arianti, A., Marlina, L., & Sriyanti, I. (2022). Development of Interactive Multimedia Based on STEM Wave Material for High School Students. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 10(2), 163. <https://doi.org/10.20527/bipf.v10i2.12215>
- Lenaini, I. (2021). Teknik Pengambilan Sampel Purposive Dan Snowball Sampling. *HISTORIS: Jurnal Kajian, Penelitian & Pengembangan Pendidikan Sejarah*, 6(1), 33–39. <http://journal.ummat.ac.id/index.php/historis>
- Lestari, T. P., Sarwi, S., & Sumarti, S. S. (2018). STEM-Based Project Based Learning Model to Increase Science Process and Creative Thinking Skills of 5th Grade. *Journal of Primary Education*, 7(1), 18–24.
- Melati, E., Fayola, A. D., Hita, I. P. A. D., Saputra, A. M. A., Zamzami, Z., & Ninasari, A. (2023). Pemanfaatan Animasi sebagai Media Pembelajaran Berbasis Teknologi untuk Meningkatkan Motivasi Belajar. *Journal on Education*, 6(1), 732–741. <https://doi.org/10.31004/joe.v6i1.2988>
- Nurmahmuddin, A., Nana, N., & Rizal, R. (2023). The influence of e-module based on guided inquiry learning model on students' critical thinking skills in the topic of work and energy. *Gravity: Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Fisika*, 9(2), 144–154. <https://doi.org/10.30870/gravity.v9i2.17801>
- Pahrudin, A., Irwandani, Triyana, E., Oktarisa, Y., & Anwar, C. (2019). The analysis of pre-service physics teachers in scientific literacy: Focus on the competence and knowledge aspects. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(1), 52–62. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i1.15728>
- Prihatiningtyas, I., & Tamrin. (2023). Aplikasi Membran Teknologi Untuk Pengolahan Limbah Air dan Penghilangan Polutan di Udara. *Gunung Djati Conference Series*, 34(9), 97–105. <http://www.conferences.uinsgd.ac.id/index.php/gdcs/article/view/1943>
- Puspitarini, Y., & Hanif, M. (2019). Using Learning Media to Increase Learning Motivation in Elementary School. *Anatolian Journal of Education*, 4(2), 53–60. <https://doi.org/10.29333/aje.2019.426a>
- Putra, I. A., Avivudin, M. D., & Pertiwi, N. A. S. (2024). Efektivitas Video Pembelajaran Berbasis Pjbl-Stem Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Peserta Didik Pada Hukum Kekekalan Energi. *Diffraction*, 6(1), 1–8. <https://doi.org/10.37058/diffraction.v6i1.6380>
- Putra, I. A., Russitta, N., & Wulandari, K. (2023). Rekonstruksi Video Pembelajaran Project Based Learning

- (PjBL) Berbasis Pendekatan Science, Technology, Engineering And Mathematic (STEM). *Diffraction*, 5(1), 8–16.
<https://doi.org/10.37058/diffraction.v5i1.6248>
- Rinaryati, N. (2021). E-Modul Counter Berbasis Flip Pdf pada Mata Pelajaran Penerapan Rangkaian Elektronika. *Jurnal Imiah Pendidikan Dan Pembelajaran*, 5(2), 192.
<https://doi.org/10.23887/jipp.v5i2.31240>
- Rukmi, I. P., & Diyana, T. N. (2024). Pengembangan E-Modul Flipbook Hukum Newton Berbasis Discovery Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Diffraction*, 5(2), 62–72.
<https://doi.org/10.37058/diffraction.v5i2.6751>
- Sembiring, W. S., Sudatha, I. G. W., & Simamora, A. H. (2021). E-Modul Ipa Untuk Memfasilitasi Siswa Menengah Atas Belajar Mandiri. *Jurnal Teknologi Pembelajaran Indonesia*, 11(1), 26–39.
https://doi.org/10.23887/jurnal_tp.v11i1.635
- Shodiq, D. E., & Setyono, P. (2025). *The Development of Science Learning Modules Based on PjBL- STEM to Improve Creative Thinking Skills on Environmental Pollution Materials*. 11(4), 41–47.
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i4.10729>
- Siddiq, I., & Asrizal, A. (2023). Development of STEM-Integrated Static Fluid E-Modules to Improve Students' Creative Thinking and Science Process Skills. *Jurnal Eksakta Pendidikan (Jep)*, 7(2), 171–1784.
<https://doi.org/10.24036/jep/vol7-iss2/770>
- Sriwahyuni, I., Risdianto, E., & Johan, H. (2019). Pengembangan Bahan Ajar Elektronik Menggunakan Flip Pdf Professional Pada Materi Alat-Alat Optik Di Sma. *Jurnal Kumparan Fisika*, 2(3), 145–152.
<https://doi.org/10.33369/jkf.2.3.145-152>
- Sriyanti, I. (2021). Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis Smartphone Terhadap Pada Materi Gerak Lurus. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya (JIFP)*, 4(2), 59–64.
<https://doi.org/10.19109/jifp.v4i2.7082>