

**PENGEMBANGAN ELECTRONIC MODULE FISIKA BERBASIS SCIENCE
TECNOLOGY ENGINEERING AND MATEMATICS (STEM) PADA
MATERI GELOMBANG CAHAYA UNTUK MELATIH
BERPIKIR KREATIF SISWA**

**Lulu Ikrima Rambe¹⁾, Aslamiyah Rambe^{2*)}, Ainun Mardiyah Lubis³⁾, Elisa Ariani
Hasibuan⁴⁾, Imel Nadya Sari Napitupulu⁶⁾, Rosa Amelia Siagian⁶⁾, Okran Sabil
Sormin⁷⁾, Muhammad Saukani⁸⁾**

¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾ Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas
Muhammadiyah Tapanuli Selatan, Padangsidimpuan, Sumatera Utara, Indonesia
*e-mail: aslamiyah@um-tapsel.ac.id

(Received 17 Juni 2026, Accepted 16 Juli 2026)

Abstract

This research aimed to produce a STEM-oriented physics e-module on light waves and to examine its feasibility as a digital learning resource for grade XI students. The study adopted a Research and Development design using the 4-D model, namely define, design, develop, and disseminate. A limited implementation was conducted with 35 students. Research data were collected through expert validation sheets, teacher and student practicality questionnaires, an effectiveness questionnaire, and a creative-thinking test. The obtained scores were converted into percentages and interpreted descriptively. The validation results showed an average score of 87.5%, indicating that the module was very valid. The practicality assessment reached 90% from the teacher and 81% from students, placing both responses in the very practical category. The effectiveness score was 79.24%, while students' creative-thinking achievement reached 79.84% and fell into the creative category. These findings suggest that the STEM-based physics e-module on light waves is appropriate for classroom use and may support students in developing creative thinking through contextual, technology-related, and problem-solving activities.

Keywords: physics e-module, STEM, light waves, creative thinking, digital learning

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menghasilkan e-modul fisika berorientasi Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) pada materi gelombang cahaya serta mendeskripsikan kelayakannya sebagai sumber belajar digital bagi siswa kelas XI. Penelitian menggunakan pendekatan Research and Development dengan model 4-D, yaitu define, design, develop, dan disseminate. Uji coba terbatas melibatkan 35 siswa. Data penelitian diperoleh melalui lembar validasi ahli, angket kepraktisan guru dan siswa, angket efektivitas, serta tes kemampuan berpikir kreatif. Skor yang terkumpul dikonversi menjadi persentase, kemudian dianalisis secara deskriptif. Hasil validasi menunjukkan rata-rata 87,5% sehingga e-modul termasuk sangat valid. Kepraktisan produk memperoleh nilai 90% dari guru dan 81% dari siswa, keduanya berada pada kategori sangat praktis. Nilai efektivitas mencapai 79,24%, sedangkan capaian berpikir kreatif siswa sebesar 79,84% dengan kategori kreatif. Temuan ini memperlihatkan bahwa e-modul fisika berbasis STEM pada materi gelombang cahaya layak diterapkan dalam pembelajaran dan dapat membantu siswa membangun kemampuan berpikir kreatif melalui aktivitas kontekstual, pemanfaatan teknologi, dan pemecahan masalah.

Kata Kunci: e-modul fisika, STEM, gelombang cahaya, berpikir kreatif, pembelajaran digital

PENDAHULUAN

Perkembangan pendidikan saat ini mendorong pembelajaran fisika bergerak melampaui kegiatan menghafal rumus dan memahami konsep secara terpisah. Siswa perlu diberi pengalaman belajar yang menuntut penalaran, pengolahan informasi, kolaborasi, serta penyampaian gagasan secara runtut. Dalam situasi tersebut, teknologi pembelajaran menjadi

unsur yang penting karena memberi peluang bagi guru untuk menyajikan materi melalui bentuk yang lebih visual, mudah diakses, dan sesuai dengan kebiasaan belajar siswa (Hidayatullah dkk., 2023). menjelaskan bahwa pemanfaatan teknologi berperan dalam memperkuat kualitas pendidikan sekaligus menyiapkan siswa menghadapi perubahan zaman.

Kemampuan berpikir kreatif menjadi salah satu kecakapan yang perlu diperhatikan dalam pembelajaran fisika. Kreativitas tidak hanya berkaitan dengan munculnya ide baru, tetapi juga tampak dalam kemampuan siswa mengajukan berbagai kemungkinan jawaban, memilih strategi penyelesaian, memodifikasi cara kerja, dan mengembangkan gagasan menjadi solusi yang dapat dipertanggungjawabkan. Fisika membutuhkan kecakapan tersebut karena banyak konsepnya bersifat abstrak dan memerlukan hubungan antara teori, representasi, serta fenomena nyata.

Gelombang cahaya merupakan materi yang cukup menantang bagi siswa kelas XI. Topik ini memuat pemantulan, pembiasan, interferensi, difraksi, indeks bias, dan cepat rambat cahaya. Jika hanya dijelaskan secara lisan, beberapa konsep tersebut mudah dipahami secara dangkal dan sulit dikaitkan dengan peristiwa sehari-hari. Padahal, konsep cahaya berkaitan langsung dengan penggunaan serat optik, kamera, mikroskop, teleskop, laser, dan berbagai perangkat optik lainnya. Karena itu, materi perlu disusun dalam bahan ajar yang memberi ruang bagi siswa untuk mengamati penerapan konsep, menalar proses fisis, dan mengaitkannya dengan teknologi.

Berdasarkan analisis kebutuhan, pembelajaran fisika masih banyak bertumpu pada buku cetak serta penjelasan guru. Pola seperti ini belum sepenuhnya memberi kesempatan kepada siswa untuk belajar mandiri, mengeksplorasi contoh, atau menyampaikan gagasan pemecahan masalah. Ketika sumber belajar kurang variatif dan belum interaktif, siswa cenderung berperan sebagai penerima informasi. Dampaknya, kesempatan untuk melatih kreativitas dalam memahami dan menerapkan konsep fisika menjadi terbatas.

E-modul dapat digunakan sebagai alternatif bahan ajar karena mampu menyajikan materi secara sistematis dalam format digital. Di dalamnya, guru dapat memadukan uraian konsep, gambar, ilustrasi, aktivitas eksploratif, tautan pendukung, latihan, dan evaluasi. Format ini memungkinkan siswa mengakses materi sesuai kebutuhan dan mengulang bagian yang belum dipahami. Ma (2021) menunjukkan bahwa e-modul fisika berbasis STEM memiliki potensi sebagai sumber belajar yang menghubungkan konsep fisika dengan aktivitas pembelajaran yang aplikatif.

Pendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) dipilih karena memiliki karakter terpadu antara konsep sains, pemanfaatan teknologi, proses rekayasa, dan penalaran matematis. Melalui STEM, siswa tidak berhenti pada pembacaan teori, tetapi diarahkan untuk mengenali masalah, membuat rancangan solusi, melakukan perhitungan, serta menilai kembali hasil pekerjaannya. Alur semacam ini penting untuk membangun kreativitas karena siswa dilibatkan dalam proses menemukan, mencoba, dan mengambil keputusan berdasarkan bukti.

Kajian sebelumnya memperlihatkan bahwa bahan ajar berbasis STEM dapat memperkaya pengalaman belajar. Trianung dkk (2024) melaporkan bahwa pembelajaran yang dikaitkan dengan lingkungan dan pendekatan inovatif mampu meningkatkan mutu proses pendidikan. Alim, Hermita, and Putra (2025) juga menemukan bahwa e-modul STEM dapat mendukung keterampilan berpikir tingkat tinggi melalui kegiatan yang tersusun sistematis. Senada dengan itu, Nur Rahmi (2025) menyatakan bahwa e-modul berbasis proyek dan potensi lokal dapat membekali siswa dalam mengembangkan berpikir kreatif.

Penelitian ini mengembangkan e-modul fisika berbasis STEM pada materi gelombang cahaya. Fokus penelitian tidak hanya terletak pada penyusunan produk, tetapi juga pada pengujian kualitasnya melalui aspek validitas, kepraktisan, efektivitas, dan dukungannya terhadap kemampuan berpikir kreatif siswa kelas XI.

METODE

Penelitian ini termasuk penelitian pengembangan atau Research and Development (R&D). Produk yang dikembangkan berupa e-modul fisika berbasis STEM pada materi gelombang cahaya. Model yang digunakan adalah 4-D yang meliputi define, design, develop, dan disseminate. Model ini digunakan karena tahapannya membantu peneliti menelusuri kebutuhan, menyusun rancangan, memvalidasi produk, merevisi, kemudian memperkenalkan produk secara terbatas kepada pengguna.

Tahap define dilaksanakan untuk memetakan kebutuhan pembelajaran. Kegiatan pada tahap ini mencakup penelaahan kurikulum, analisis karakteristik siswa, identifikasi ruang lingkup materi gelombang cahaya, serta penentuan kebutuhan media pembelajaran. Hasil dari tahap ini menjadi pijakan agar e-modul yang disusun sesuai dengan tujuan pembelajaran, kondisi siswa kelas XI, dan kebutuhan pembelajaran fisika yang lebih aktif.

Tahap design diarahkan pada penyusunan rancangan awal e-modul. Peneliti menentukan struktur isi, urutan penyajian materi, bentuk aktivitas STEM, desain tampilan, serta instrumen penelitian. Produk dikembangkan dengan bantuan Canva dan memuat uraian materi, ilustrasi, latihan, kegiatan eksploratif, evaluasi, serta tautan yang mendukung pembelajaran.

Tahap develop dilakukan dengan membuat produk awal dan meminta penilaian dari ahli materi, ahli media, serta ahli bahasa. Masukan dari validator digunakan untuk memperbaiki isi, tampilan, navigasi, dan keterbacaan e-modul. Setelah revisi, produk diuji secara terbatas kepada siswa guna memperoleh data kepraktisan, efektivitas, dan kemampuan berpikir kreatif. Tahap disseminate dilaksanakan secara terbatas melalui pengenalan e-modul kepada guru dan siswa sebagai bahan ajar pendamping.

Subjek uji coba terdiri atas 35 siswa kelas XI. Instrumen penelitian meliputi lembar validasi ahli, angket kepraktisan guru, angket kepraktisan siswa, angket efektivitas, dan tes kemampuan berpikir kreatif. Data dianalisis menggunakan teknik deskriptif kuantitatif. Setiap skor dikonversi ke dalam bentuk persentase, kemudian dibandingkan dengan kategori penilaian untuk menentukan kualitas produk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengembangan Produk

Produk yang dihasilkan adalah e-modul fisika berbasis Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) untuk materi gelombang cahaya. Produk ini ditujukan bagi siswa kelas XI dan disusun berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang menunjukkan perlunya bahan ajar digital yang dapat membantu pemahaman konsep sekaligus memberi ruang bagi latihan berpikir kreatif.

Isi e-modul meliputi konsep dasar gelombang cahaya, sifat-sifat cahaya, cepat rambat cahaya, indeks bias, serta contoh penerapan gelombang cahaya. Tiap bagian tidak hanya memuat penjelasan materi, tetapi juga aktivitas yang menghubungkan konsep fisika dengan unsur teknologi, rekayasa sederhana, dan perhitungan matematis. Rancangan tersebut membuat siswa diarahkan untuk membaca, mengamati fenomena, menalar hubungan konsep, merancang penyelesaian, dan menarik kesimpulan.

Validitas E-Modul

Kelayakan e-modul dinilai oleh validator ahli materi, ahli media, dan ahli bahasa. Penilaian dilakukan untuk melihat kesesuaian isi, kualitas tampilan, kemudahan navigasi, serta

ketepatan bahasa yang digunakan dalam produk. Ringkasan hasil validasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Validitas E-modul

No	Validator	Aspek Validasi	Presentase	Kategori
1	Ahli Materi	Kesesuaian dan ketepatan isi materi	90%	Sangat Valid
2	Ahli Media	Tampilan, navigasi	92,5%	Sangat Valid
3	Ahli Bahasa	Kejelasan bahasa dan keterbacaan	80%	Valid
Rata-rata			87,5%	Sangat Valid

Berdasarkan Tabel 1, rata-rata validitas e-modul mencapai 87,5% dan termasuk kategori sangat valid. Skor ahli materi sebesar 90% menunjukkan bahwa isi e-modul telah sejalan dengan capaian pembelajaran, cakupan materi gelombang cahaya, dan kebutuhan siswa. Urutan penyajian materi juga dinilai membantu siswa menelusuri hubungan antarkonsep secara lebih terarah.

Nilai tertinggi terdapat pada aspek media, yaitu 92,5%. Hasil ini menunjukkan bahwa tampilan, tata letak, navigasi, dan penyajian visual dianggap mendukung penggunaan e-modul dalam pembelajaran. Pada aspek bahasa, skor yang diperoleh sebesar 80% dengan kategori valid. Artinya, bahasa dalam produk sudah dapat dipahami oleh siswa, namun penyempurnaan tetap diperlukan pada beberapa kalimat dan konsistensi istilah agar keterbacaan semakin baik.

Praktikalitas dan Efektivitas E-Modul

Data kepraktisan dan efektivitas diperoleh setelah e-modul digunakan dalam pembelajaran. Penilaian melibatkan guru, siswa, serta hasil tes berpikir kreatif siswa. Ringkasan hasil pengukuran ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Praktikalitas, Efektivitas, dan Kemampuan Berpikir Kreatif

No	Aspek	Responden	Persentase	Kategori
1	Praktikalitas	Guru	90%	Sangat Praktis
2	Praktikalitas	Siswa	81%	Sangat Praktis
3	Efektivitas	Siswa	79,24%	Efektif
4	Berpikir Kreatif Siswa	Siswa	79,84%	Kreatif

Hasil kepraktisan menunjukkan bahwa guru memberikan penilaian 90%, sedangkan siswa memberikan penilaian 81%. Keduanya berada pada kategori sangat praktis. Temuan ini berarti e-modul mudah digunakan, memiliki alur pembelajaran yang dapat diikuti, dan sesuai sebagai bahan ajar pendamping. Dari sisi guru, produk membantu penyajian materi. Dari sisi siswa, tampilan dan aktivitas yang tersedia di dalam e-modul dinilai menarik serta mendukung kegiatan belajar.

Efektivitas produk memperoleh nilai 79,24% dengan kategori efektif. Capaian ini menunjukkan bahwa penggunaan e-modul memberi dukungan nyata terhadap proses pembelajaran. Aktivitas berbasis STEM membuat siswa tidak hanya membaca materi, tetapi juga menghubungkan konsep gelombang cahaya dengan teknologi dan persoalan yang dekat dengan kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, pembelajaran menjadi lebih terarah dan kontekstual.

Rata-rata kemampuan berpikir kreatif siswa mencapai 79,84% dan termasuk kategori kreatif. Capaian ini menunjukkan bahwa kegiatan di dalam e-modul memberi kesempatan kepada siswa untuk memunculkan ide, menyusun alternatif penyelesaian, serta menjelaskan

hasil berpikir berdasarkan konsep fisika. Kegiatan mengamati fenomena, merancang solusi, melakukan perhitungan, dan mengevaluasi hasil menjadi bagian penting yang membentuk pengalaman belajar lebih bermakna.

Secara umum, e-modul fisika berbasis STEM yang dikembangkan telah memenuhi tiga ukuran utama kualitas produk, yaitu valid, praktis, dan efektif. Validitas yang tinggi menunjukkan bahwa isi, tampilan, dan bahasa produk layak digunakan. Kepraktisan yang baik menandakan bahwa e-modul dapat digunakan oleh guru dan siswa tanpa kendala berarti. Sementara itu, hasil efektivitas dan capaian berpikir kreatif memperlihatkan bahwa produk memiliki kontribusi positif terhadap pembelajaran fisika yang aktif dan kontekstual.

Temuan penelitian ini mendukung pandangan Kurniawan dan Aldila Kurniawan and Aldila, (2021) mengenai pentingnya bahan ajar digital dalam meningkatkan keterlibatan siswa. Elyıldırım, (2022) juga menekankan bahwa pembelajaran digital yang tersusun dengan baik dapat memperkuat kemandirian belajar. Selain itu, hasil penelitian ini sejalan dengan Nur Rahmi, (2025), Yolanda (2021), yang menyatakan bahwa e-modul berbasis proyek dapat membantu pengembangan berpikir kreatif. Dengan demikian, integrasi STEM dalam e-modul dapat dijadikan pilihan pembelajaran fisika yang relevan dengan tuntutan pendidikan masa kini.

Implikasi Produk

E-modul fisika berbasis STEM ini dapat digunakan sebagai bahan ajar digital pendamping pada pembelajaran gelombang cahaya. Produk membantu guru menghadirkan pembelajaran yang lebih visual, terstruktur, dan memberi kesempatan kepada siswa untuk belajar secara mandiri.

Aktivitas STEM yang dimasukkan ke dalam e-modul juga berpotensi memperkuat keterampilan berpikir kreatif. Siswa diarahkan untuk memahami konsep melalui masalah kontekstual, proses perancangan solusi, penggunaan penalaran matematis, dan refleksi terhadap hasil belajar.

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan e-modul fisika berbasis Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) pada materi gelombang cahaya untuk siswa kelas XI. Hasil validasi menunjukkan rata-rata skor 87,5% dengan kategori sangat valid. Rincian penilaian terdiri atas 90% dari ahli materi, 92,5% dari ahli media, dan 80% dari ahli bahasa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa produk telah memenuhi kelayakan dari aspek isi, tampilan, navigasi, dan bahasa. Uji kepraktisan menunjukkan bahwa e-modul memperoleh skor 90% dari guru dan 81% dari siswa, sehingga keduanya termasuk sangat praktis. Dari aspek efektivitas, skor yang diperoleh sebesar 79,24% dan berada pada kategori efektif. Selain itu, rata-rata kemampuan berpikir kreatif siswa mencapai 79,84% dengan kategori kreatif. Berdasarkan hasil tersebut, e-modul fisika berbasis STEM pada materi gelombang cahaya layak digunakan sebagai sumber belajar digital dan dapat mendukung pengembangan berpikir kreatif siswa.

DAFTAR PUSTAKA

Alim, Jesi Alexander, Neni Hermita, and Zetra Hainul Putra. 2025. "Development of a STEM-Based e-Module Using the MIKiR Model on Energy Sources Material to Enhance Students' Critical Thinking Skills." 500(July): 1–13. doi:10.3389/feduc.2025.1635133.

- Elyıldırım, Eda. 2022. 23 Jurnal Fakultas Pendidikan Universitas Ahi Evran Kırşehir: Investigasi Tingkat Literasi Sains Dan Sikap Guru Prasekolah Terhadap Pengajaran Sains Oleh Tarık Başar. doi:10.29299/kefad.987910.
- Hidayatullah, Miko Trenggono, Masduki Asbari, Muhammad Iqbal, and Ibrahim Ahmad. 2023. “Urgensi Aplikasi Teknologi Dalam Pendidikan Di Indonesia.” 02(06): 70–73.
- Kurniawan, Dwi Agus, and Febri Tia Aldila. 2021. “Jurnal Pendidikan Progresif Students ’ Perceptions in the Use of Web-Based Character Assessment : A View from Gender Perspective.” 11(2): 362–83. doi:10.23960/jpp.v.
- Ma, S M A. 2021. “Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis STEM (Science , Technology , Engineering , and Mathematics) Pada Materi Bunyi.” 2(1): 1–8.
- Nur Rahmi, Nirrina. 2025. “Penggunaan E-Modul Berbasis Proyek Pemanfaatan Potensi Lokal Untuk Membekalkan Kemampuan Berpikir Kreatif Dan Keartivitas Siswa SMA.”
- Trianung, Teguh, Djoko Susanto, Syarifah Zahrah, M Zulfakar Pratama, Andi Kurniawan, Negeri Jakarta, Rawamangun Muka Street, and East Jakarta. 2024. “Improving The Quality Of Education Through Environmentally Based Learning Study Program In Education Management , Faculty Of Education , Universitas.” 38(1): 47–56.
- Yolanda, Yaspin. 2021. “Pengembangan E-Modul L Berbasis Kontekstual Sebagai Sumber Belajar Fisika.” Jurnal Luminous: Riset Ilmiah Pendidikan Fisika 2(1): 40. doi:10.31851/luminous.v2i1.5235.