Jurnal Pendidikan MIPA
Volume 16. Nomor 1, Februari 2026 | ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v16i1.4090

Pengembangan E-Modul dengan Pendekatan STEM pada Materi Energi Alternatif

Sovia Cahya Diyanti[1),*], M. Hidayat[1)], Rahma Dani[1)]

[1)]Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Jambi

*Corresponding Author: soviacahyadiyanti@gmail.com

ABSTRAK

Keterbatasan sumber belajar fisika yang bersifat interaktif dan selaras dengan Kurikulum Merdeka berpendekatan *deep learning*, serta kesulitan peserta didik dalam memahami konsep-konsep abstrak pada materi energi alternatif, menjadi latar belakang penelitian ini. Kebaharuan penelitian ini terletak pada pengembangan e-modul fisika dengan pendekatan STEM yang secara eksplisit dirancang untuk mendukung pembelajaran bermakna (*deep learning*) melalui penyajian materi yang kontekstual, terstruktur, dan mendorong keterlibatan aktif peserta didik. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-modul dengan pendekatan STEM pada materi energi alternatif serta mengetahui tingkat kelayakan dan kepraktisannya. Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*Research & Development*) dengan menggunakan model 4D (*Four-D Model*) yang meliputi tahap pendefinisian, perancangan, pengembangan, dan penyebaran. Validasi e-modul dilakukan oleh dua dosen ahli dan satu guru fisika, sedangkan uji kepraktisan di lakukan melalui uji kelompok kecil dan kelompok besar pada peserta didik SMA Adhyaksa 1 Jambi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul berada pada kategori baik hingga sangat baik dengan validasi materi sebesar 75-88% dan validasi media sebesar 99%, serta kepraktisan sebesar 85,0% pada uji kelompok kecil dan 85,5% pada uji kelompok besar. Dengan demikian e-modul fisika dengan pendekatan STEM dinyatakan layak dan praktis serta dapat direkomendasikan sebagai bahan ajar pendukung pembelajaran fisika pada materi energi alternatif.

Kata Kunci: E-Modul; Pendekatan STEM; Energi Alternatif; Pembelajaran Fisika

Received: 27 Jan 2026; **Revised**: 2 Feb 2026; **Accepted**: 4 Feb 2026; **Available Online**: 9 Feb 2026

This is an open access article under the CC - BY license.

PENDAHULUAN

Energi alternatif merupakan salah satu isu penting dalam pembelajaran fisika yang sangat berhubungan dengan masalah global saat ini, khususnya terkait dengan krisis energi fosil dan tantangan keberlanjutan lingkungan. Dalam proses pembelajaran, diskusi tentang energi alternatif bukan hanya memerlukan pemahaman teori fisika, tetapi juga kemampuan peserta didik untuk mengaitkan konsep-konsep ini dengan penerapan dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, materi ini menjadi elemen penting dalam pembelajarn fisika di kelas X agar peserta didik dapat memahami prinsip konversi energi dan menyadari betapa pentingnya pemanfaatan sumber energi yang berkelanjutan.

Namun, karakteristik materi energi alternatif yang melibatkan konsep-konsep abstrak, seperti perubahan energi, efisiensi sistem, dan mekanisme kerja berbagai teknologi energi, sering kali menyulitkan peserta didik untuk mencapai pemahaman yang mendalam. Konsep ini diperkuat oleh praktik pembelajaran fisika yang masih didominasi metode ceramah serta penggunaan bahan ajar konvensional, sehingga keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran menjadi rendah. Pembelajaran yang kurang menuntut aktivitas berpikir tersebut berdampak pada belum berkembangnya kemampuan berpikir tingkat tinggi, khususnya kemampuan berpikir kritis dan kreatif yang menjadi tuntutan utama pendidikan abad ke-21 (Rosnaeni, 2021). Dampak dari kondisi pembelajaran tersebut tercermin pada capaian peserta didik Indonesia dalam studi internasional. Hasil TIMSS dan PISA 2022 menunjukkan bahwa sebagian besar peserta didik masih berada pada tingkat pemahaman dasar dan mengalami kesulitan dalam menyelesaikan soal-soal yang menuntut kemampuan berpikir tingkat tinggi dan reativitas (Anisa et al., 2025). Apabila permasalahan ini tidak segera diatasi, mutu pembelajaran fisika serta kesiapan peserta didik dalam menghadapi tantangan global berpotensi semakin menurun.

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v16i1.4090

Salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan mengembangkan bahan ajar digital dalam bentuk e-modul. E-modul memberikan peluang bagi peserta didik untuk belajar secara mandiri, fleksibel, dan interaktif karena mampu mengintegrasikan teks, gambar, animasi, dan video dalam satu *platform* pembelajaran. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa pemanfaatan e-modul dapat meningkatkan kreativitas serta prestasi belajar peserta didik, dan juga membantu mereka memahami konsep fisika yang lebih abstrak (Ricu Sidiq & Najuah, 2020).

Agar selaras dengan tuntutan pendidikan abad ke-21, pengembangan e-modul perlu dipadukan dengan pendekatan pembelajaran yang mendorong pemecahan masalah dan keterlibatan aktif peserta didik, salah satunya melalui pendekatan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika (STEM). Pendekatan STEM menekankan integrasi lintas disiplin melalui penguatan aspek sains, teknologi, rekayasa, dan matematika yang diwujudkan dalam aktivitas analisis konsep, pemahaman prinsip rekayasa sederhana, serta penerapan perhitungan matematis. Dalam penelitian ini, pendekatan STEM diperdalam melalui pengkajian prinsip kerja teknologi energi alternatif, prinsip konversi energi, serta analisis efisiensi sistem energi dalam konteks kehidupan sehari-hari, yang relevan diimplementasikan dalam e-modul sebagai bahan ajar mandiri yang interaktif. Pada materi energi alternatif, penerapan STEM dalam e-modul memungkinkan peserta didik mengaitkan konsep fisika dengan prinsip kerja teknologi serta isu kontekstual di kehidupan sehari-hari, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna dan aplikatif. Aktivitas terstruktur dalam e-modul pendekatan STEM mendorong berkembangnya kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif sebagai keterampilan utama abad ke-21 (Hasanah et al., 2023). Sejalan dengan itu, temuan penelitian menunjukkan bahwa penerapan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika melalui media terstruktur seperti e-modul mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreativitas peserta didik secara signifikan (Rohmah et al., 2025). Pembelajaran di zaman sekarang memerlukan peserta didik untuk mampu belajar secara mandiri, memahami ilmu pengetahuan, serta berpikir kritis, yang dapat didukung dengan pemanfaatan materi pembelajaran digital (Rosnaeni, 2021).

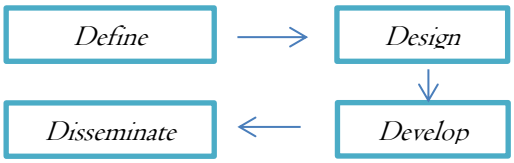
Berdasarkan observasi awal di SMA Adhyaksa 1 Jambi, cara belajar fisika masih banyak diterapkan bergantung pada modul cetak yang tradisional dan metode pengajaran yang secara lisan. Peserta didik belum memiliki akses ke materi pembelajaran digital yang dapat digunakan untuk belajar secara mandiri, dimana pemanfaatan e-modul dalam pembelajaran fisika belum di optimalkan. Di sisi lain, hasil survei kebutuhan menunjukkan bahwa peserta didik sangat berminat pada media pembelajaran digital dan menginginkan materi yang lebih interaktif serta mudah diakses. Kesenjangan antara akan kebutuhan pendidikan yang memanfaatkan teknologi dan kondisi belajar di sekolah menunjukkan perlunya pengembangan bahan ajar digital yang inovatif dan relevan. Oleh karena itu, pengembangan e-modul fisika dengan pendekatan STEM pada topik energi alternatif dianggap penting untuk mendukung pembelajaran fisika yang lebih interaktif, bermakna dan memenuhi kebutuhan kurikulum. Meskipun berbagai penelitian menunjukkan bahwa e-modul dan pendekatan STEM berpotensi mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21, praktik pembelajaran fisika di SMA Adhyaksa 1 Jambi masih didominasi oleh metode ceramah dan penggunaan modul cetak konvensional. Selain itu, belum tersedia e-modul fisika dengan pendekatan STEM yang secara khusus mengaitkan energi alternatif serta disesuaikan dengan karakteristik peserta didik dan tuntutan Kurikulum Merdeka berpendekatan *deep learning*. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara penelitian sebelumnya, tuntutan pembelajaran abad ke-21, dan praktik pembelajaran di sekolah. Kebaharuan penelitian ini terletak pada pengembangan e-modul fisika dengan pendekatan STEM pada materi energi alternatif yang dirancang untuk mendukung pembelajaran mandiri dan bermakna, serta diuji dari aspek validitas dan kepraktisannya.

METODE

Penelitian ini menggunakan model pengembangan 4D yang dikemukakan oleh Thiagarajan, Semmel, dan Semmel (1974) karena model ini sesuai untuk pengembangan perangkat pembelajaran secara sistematis melalui empat tahap, yaitu *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), *disseminate* (penyebaran). Penelitian dilaksanakan di SMA Adhyaksa 1 Jambi dengan subjek penelitian peserta didik kelas X. Pada tahap *define*, dilakukan analisis kebutuhan melalui penyebaran instrumen kepada peserta didik dan wawancara dengan guru mata pelajaran untuk mengidentifikasi kesulitan belajar, tingkat pemahaman awal, serta kebutuhan bahan ajar interaktif pada materi energi alternatif. Tahap *design* dilakukan dengan menyusun

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v16i1.4090

rancangan awal e-modul dalam bentuk *storyboard* berdasarkan hasil analisis kebutuhan. Selanjutnya, pada tahap *develop*, e-modul dikembangkan menjadi produk awal dan divalidasi oleh dua dosen ahli materi serta ahli media dan satu guru fisika menggunakan instrumen validasi untuk menilai kelayakan isi, kualitas tampilan, dan kejelasan penyajian. Instrumen penelitian telah melalui validasi isi oleh ahli. Analisis data dilakukan dengan menghitung skor rata-rata hasil validasi dan mengonversikannya ke dalam kategori kelayakan, sedangkan data kepraktisan dianalisis menggunakan persentase. Tahap *disseminate* dalam penelitian ini dibatasi dan tidak dilaksanakan secara luas, karena penelitian difokuskan hingga tahap *develop* untuk menilai validitas dan kepraktisan e-modul. Alur pengembangan e-modul dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Model Pengembangan 4D (*Difine, Design, Develop, Disseminate*)

Validasi e-modul dilakukan oleh dua dosen dan satu guru fisika. Keterlibatan dosen disebabkan oleh keahlian mereka dalam mengevaluasi kecocokan materi, struktur konten, serta kualitas desain media pembelajaran. Umpan balik yang diberikan oleh dosen bertujuan untuk memastikan bahwa e-modul memenuhi standar akademik dan pedagogis. Di sisi lain, guru fisika bertindak sebagai validator praktis yang memahami kondisi pembelajaran yang sebenarnya dikelas. Guru tersebut memberikan penilaian terkait keterbacaan, kesesuaian bahasa, dan keselarasan e-modul dengan kebutuhan peserta didik, dan kurikulum yang ada. Partisipasi kedua pihak ini diharapkan dapat menjamin bahwa e-modul yang dihasilkan sesuai digunakan dengan baik dalam praktik maupun teori.

Setelah mendapat persetujuan dari para ahli, e-modul diuji kepada peserta didik melalui tes dengan kelompok kecil dan besar dikelas X. Uji coba kelompok kecil dilakukan di kelas Fase E dan Kelas XI Fase F untuk menilai respon awal peserta didik terhadap e-modul terutama mengenai tampilan, penyajian meteri, dan kemudahan penggunaanya. Hasil uji coba kelompok kecil ini digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan awal pada e-modul. Selanjutnya uji coba kelompok besar dilakukan di satu kelas penuh untuk mengukur kepraktisan e-modul dalam situasi pembelajaran nyata dan untuk mengevaluasi sejauh mana e-modul membantu siswa memahami materi energi alternatif dengan lebih mendalam.

Analisis data dalam penelitian ini meliputi analisis validitas dan kepraktisan e-modul. Analisis validitas dilakukan dengan menghitung skor rata-rata dari penilaian para ahli terhadap aspek materi dan media untuk menentukan tingkat kelayakan e-modul. Hasil perhitungan rata-rata tersebut kemudian dikonversikan ke dalam kategori kelayakan berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Analisis kepraktisan diperoleh dari hasil angket respon peserta didik pada uji kelompok kecil dan uji kelompok besar. Skor angket dihitung dalam bentuk persentase untuk menilai tingkat kepraktisan e-modul yang mencakup kemudahan penggunaan, kemenarikan tampilan, dan kebermanfaatan sebagai media pembelajaran. Penilaian setiap pernyataan dalam angket menggunakan skala likert, baik pada angket observasi awal maupun angket penelitian, dengan kriteria penilaian yang didajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Skala Penilaian Angket Observasi Awal (Tambusai & Rakhmawati, 2023)

No	Interpretasi	Skor
1	Sangat Baik	4
2	Baik	3
3	Kurang Baik	2
4	Tidak Baik	1

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan produk berupa e-modul pembelajaran fisika berbasis pendekatan STEM pada materi energi alternatif yang dirancang sebagai sumber belajar digital bagi peserta didik kelas X. E-modul dikembangkan menggunakan model Four-D (4D) dan difokuskan hingga tahap *develop*. Produk yang dihasilkan telah melalui proses validasi oleh ahli materi dan ahli media untuk menilai kelayakan dari aspek kesesuaian dan ketepatan materi, kebahasaan, penyajian, tampilan visual, keterbacaan, serta kemudahan navigasi. Hasil

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v16i1.4090

validasi menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memenuhi kriteria kelayakan sebagai bahan ajar pendukung pembelajaran fisika pada materi energi alternatif.

Tahap Pendefinisian (*define*)

Pada tahap pendefinisian (*define*), dilakukan analisis awal, analisis konsep, analisis tugas, serta perumusan tujuan pembelajaran untuk mengidentifikasi permasalahan pembelajaran fisika di SMA Adhyaksa 1 Jambi. Hasil observasi dan wawancara dengan guru fisika menunjukkan bahwa pembelajaran masih didominasi oleh penggunaan buku cetak dan metode ceramah, sementara ketersediaan bahan ajar digital yang mendukung pembelajaraan mandiri peserta didik masih terbatas. Kondisi tersebut menyebabkan peserta didik cenderung bergantung pada penjelasan guru dan mengalami kesulitan dalam memahami materi energi alternatif yang bersifat abstrak. Selain itu, bahan ajar yang digunakan belum sepenuhnya menyesuaikan dengan topik energi alternatif sesuai kurikulum terbaru. Temuan pada tahap ini menunjukkan adanya kebutuhan terhadap bahan ajar digital yang lebih interaktif, mudah diakses, dan relevan dengan materi energi alternatif sebagai dasar pengembangan e-modul.

Tahap Perancangan (*design*)

Tahap perancangan (*design*) difokuskan pada penyusunan rancangan e-modul pembelajaran fisika pada materi energi alternatif sebagai bahan ajar pendukung pembelajaran. Pada tahap ini ditetapkan struktur konten, integrasi pendektan STEM, serta tata letak tampilan e-modul agar selaras dengan tujuan pembelajaran. Aktivitas utama pada tahap perancangan adalah penyusunan *storyboard* yang berfungsi sebagai acuan pengembangan e-modul. *Storyboard* dirancang untuk memastikan alur penyajian materi, penempatan elemen visual, dan integrasi aktivitas pembelajaran tersusun secara sistematis dan mudah dipahami. Hasil tahap perancangan berupa *storyboard* e-modul yang siap digunakan sebagai dasar pengembangan pada tahap berikutnya.

Tahap Pengembangan (*Develop*)

Tahap pengembangan (*develop*) merupakan tahap realisasi rancangan e-modul menjadi produk awal berdasarkan desain yang telah disusun pada tahap rancangan. Pada tahap ini, e-modul dikembangkan menjadi *prototipe* dan selanjutnya divalidasi oleh tiga validator yang terdiri atas dua dosen ahli materi dan media serta satu guru fisika sebagai validator praktisi. Proses validasi bertujuan untuk menilai kelayakan e-modul dari aspek isi dan media serta memberikan masukan sebagai dasar penyempurnaan produk. Setelah dinyatakan layak oleh para validator e-modul diuji kepraktisannya melalui uji kelompok kecil dan uji kelompok besar pada peserta didik kelas X SMA Adhyaksa 1 Jambi. Uji kepraktisan ini dilakukan untuk mengetahui kemudahan penggunaan dan penerimaan peserta didik terhadap e-modul dalam pembelajaran fisika. Hasil validasi materi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Skor Validasi Materi

No	Aspek Penilaian	Persentase	Keterangan
1	Kesesuaian Isi Materi	87,5%	Sangat Baik
2	Kebenaran Konsep	88%	Sangat Baik
3	Kebahasaan	88%	Sangat Baik
4	Keterpaduan Unsur STEM	75%	Baik

Berdasarkan penilaian terhadap materi yang terdapat pada Tabel 2, e-modul fisika yang menerapkan pendekatan STEM untuk tema energi alternatif berada pada kategori baik hingga sangat baik. Pada aspek kesesuaian isi, persentase yang diperoleh mencapai 87,5% yang termasuk dalam kategori sangat baik. Sementara itu, untuk aspek kebenaran konsep dan penggunaan bahasa, masing-masing mendapatkan persentase 88% yang juga termasuk dalam kategori sangat baik, menunjukkan bahwa materi ini sudah benar dan mudah dipahami. Namun, pada aspek keterpaduan elemen STEM, persentase yang diperoleh adalah 75% dengan kategori baik. Secara keseluruhan, hasil evaluasi materi menunjukan bahwa e-modul ini layak digunakan dalam proses belajar.

Data yang diperoleh untuk validasi media yaitu terdapat pada Tabel 3.

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v16i1.4090

Tabel 3. Hasil Skor Validasi Media

No	Aspek Penilaian	Persentase	Keterangan
1	*Auxiliary Information*	99%	Sangat Baik
2	Tampilan Media	99%	Sangat Baik
3	Navigasi	99%	Sangat Baik
4	*Robustness*	99%	Sangat Baik

Berdasrkan informasi dari pengecekan media yang terdapat pada Tabel 3, e-modul fisika yang mengadopsi pendekatan STEM pada topik energi alternatif memperoleh penilaian dengan kategori sangat baik disemua aspek evaluasi pada aspek informasi tambahan, penampilan media, proses navigasi, daya tarik masing-masing meraih persentase 99%, yang menunjukkan bahwa e-modul ini dilengkapi dengan informasi pedukung yang lengkap, desain visual yang menarik perhatian, sistem navigasi yang mudah digunakan, serta keandalan media yang sangat tinggi. Hasil ini menguatkan bahwa e-modul tersebut layak digunakan sebagai sarana pembelajaran fisika tanpa membutuhkan perbaikan yang signifikan pada bagian media.

Respon Peserta Didik Uji Kelompok Kecil dan Uji Kelompok Besar

Data yang diperoleh untuk respon peserta didik terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Angket Respon Peserta Didik Uji Kelompok Kecil Fase E Kelas X

No	Aspek Penilaian	Fase E Kelas X			Fase F Kelas XI		
		Persentase	Rata-rata	Kategori	Persentase	Rata-rata	Kategori
1	Isi Materi	83,0%	85,0%	Sangat Baik	85,2%	77,1%	Baik
2	Pembelajaran	87,5%			71,1%		
3	Tampilan	82,0%			85,2%		
4	pemograman	87,5%			68,9%		

Berdasrkan hasil dari survei yang dilakukan pada peserta didik di uji kelompok kecil yang tercantum dalam Tabel 4, ditemukan bahwa reaksi peserta didik terhadap pemakaian e-modul fisika dengan pendekatan STEM berada dalam kategori baik hingga sangat baik. Di kela X Fase E, aspek materi, proses pembelajaran, tampilan, dan pemograman mendapatkan persentase antara 82,0% sampai 87,5% dengan rata-rata 85,0%, yang termasuk kategori sangat baik. Sementara pada kelas XI Fase F, penilaian peserta didik berada dalam kategori baik dengan rata-rata persentase 77,1%, menunjukkan bahwa e-modul tersebut mudah dipakai dan cukup membantu dalam proses belajar. Hasil ini menekankan bahwa e-modul memiliki tingkat kepraktisan yang baik selama tahap uji kelompok kecil.

Data yang diperoleh untuk respon peserta didik kelompok besar terdapat pada tabel 5.

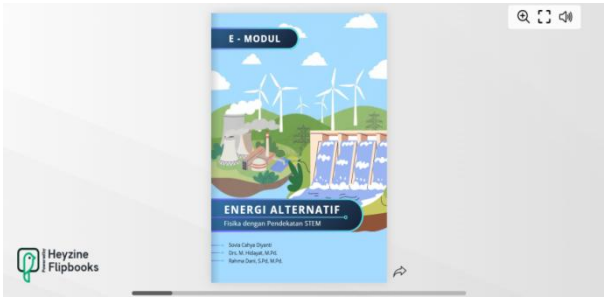
Tabel 5. Hasil Angket Respon Peserta Didik Uji Kelompok Besar Fase E Kelas X

No	Aspek Penilaian	Persentase	Persentase Rata-rata	Keterangan
1	Isi Materi	98%	85,5%	Sangat Baik
2	Pembelajaran	78%		
3	Tampilan	88%		
4	program	78%		

Berdasarkan data angket yang dikumpulkan dari peserta didik dalam uji kelompok besar yang tertera di Tabel 5, e-modul fisika dengan pendekatan STEM mengenai topik energi alternatif mendapatkan tanggapan yang sangat positif dengan rata-rata persentase mencapai 85,5%. Aspek konten memperoleh persentase tertinggi yaitu 98%, yang menunjukkan bahwa materi dalam e-modul dianggap sangat relevan dan mudah dipahami oleh para peserta didik. Sementara itu, aspek pembelajaran dan program masing-masing memperoleh persentase 78%, sedangkan aspek tampilan mencapai 88%, menandakan bahwa e-modul ini terlihat menarik, mudah diakses, dan mendukung proses belajar. Secara keseluruhan, hasil dari uji kelompok besar mengindikasikan bahwa e-modul ini memiliki tingkat kepraktisan yang sangat baik dan layak digunakan dalam pengajaran fisika tentang materi energi alternatif.

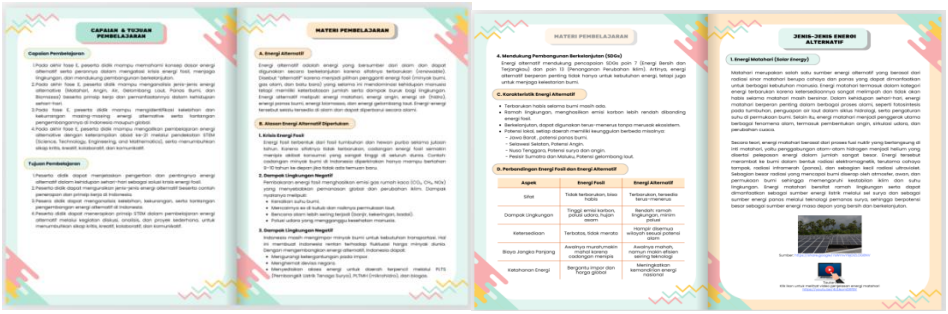
ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v16i1.4090

Setelah e-modul fisika yang mengadopsi pendekatan STEM dinyatakan valid dan praktis berdasarkan penilaian dari para ahli serta uji coba kepraktisan pada kelompok kecil dan besar, berikut akan ditampilkan contoh tampilan produk e-modul yang telah dikembangkan. Contoh tampilan ini mencakup halaman sampul depan, bagian awal e-modul yang meliputi kata pengantar, daftar isi, instruksi penggunaan, dan peta konsep, serta bagian inti e-modul yang berisi capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, dan materi ajar, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2, 3, dan 4.



Gambar 2. Tampilan Halaman Sampul E-Modul

Gambar 3. Tampilan Bagian Awal E-Modul



Gambar 4. Tampilan Bagian Inti E-Modul

Mengintegrasikan pendekatan STEM dalam modul elektronik memungkinkan peserta didik untuk mengaitkan konsep-konsep sains dengan praktiknya dalam situasi yang sesuai, sehingga pengalaman belajar menjadi lebih bermakna (Tambusai & Rakhmawati, 2023). Tampilan grafik e-modul yang ditunjukkan pada Gambar 2, 3, dan 4 dibuat dengan cara yang menarik dan mudah dipahami untuk menggugah minat awal peserta didik mengenai topik energi alternatif. Desain yang menarik ini berperan sebagai stimulus awal untuk meningkatkan konsentrasi dan keterlibatan peserta didik dalam proses belajar menggunakan media digital (Hayanum et al., 2023). Selain itu, desain e-modul yang memiliki struktur dan interaksi yang baik memudahkan peserta didik untuk mengerti proses belajar serta meningkatkan efisiensi penggunaan materi pembelajaran digital dari awal kegiatan belajar (Thahir et al., 2022).

Keberadaan petunjuk penggunaan dan peta konsep di bagian awal e-modul sangat mendukung peserta didik dalam belajar sendiri. Petunjuk penggunaan mempermudah peserta didik memahami cara mengakses dan memanfaatkan e-modul dengan tepat, sehingga proses belajar dapat berlangsung lebih efektif (Lastri, 2023). Di sisi lain, diagram konsep memiliki fungsi untuk menggambarkan hubungan antara gagasan dalam proses belajar serta membantu peserta didik dalam mengembangkan pemahaman konsep secara sistematis, terutama untuk topik energi alternatif yang sifatnya abstrak seperti energi alternatif (Saputri et al., 2023).

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v16i1.4090

Materi yang membahas energi alternatif dalam e-modul disusun secara sistematis, memanfaatkan elemen visual, dan dikaitkan dengan konteks sesuai dengan tujuan pembelajaran yang telah ditentukan. Penyampaian materi yang terstruktur dan relevan dengan konteks pembelajaran membantu peserta didik untuk lebih memahami konsep energi alternatif secara menyeluruh(Siagian et al., 2023). Selain itu, penjelasan mengenai hasil dan sasaran pembelajaran di awal materi memberikan panduan yang tegas mengenai kemampuan yang harus diraih oleh siswa selama proses belajar (Septianingrum et al., 2022).

Penggunaan pendekatan STEM dalam e-modul memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk mengaitkan ide-ide ilmiah dengan teknologi dan isu-isu yang berhubungan, yang menjadikan pengalaman belajar lebih bermakna (Banila et al., 2021). Metode STEM telah terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan peserta didik dalam berpikir kritis dan menyelesaikan masalah melalui kegiatan pembelajaran yang membutuhkan keterlibatan aktif (Khoiriyyah et al., 2022). Selain itu, pendidikan yang berorientasi pada STEM juga berkontribusi pada pengembangan kemandirian peserta didik dalam memahami konsep-konsep ilmiah secara lebih mendetail (Rosnaeni, 2021). Oleh karena itu, e-modul yang diciptakan tidak hanya berfungsi sebagai sumber belajar digital, tetapi juga memainkan peran penting dalam mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21, sesuai dengan kebutuhan pembelajaran di era modern (Febriawati et al., 2024).

Secara keseluruhan, hasil dari pembicaraan menunjukkan bahwa e-modul fisika yang menggunakan pendekatan STEM yang telah dibuat, telah dirancang sesuai dengan karakteristik bahan ajar digital yang efektif dan memenuhi kebutuhan pembelajaran. Penampilan visual yang menarik, susunan e-modul yang sistematis, dan penyampaian materi yang relevan mendukung keterlibatan aktif dan kemandirian belajar peserta didik. Penerapan pendekatan STEM dalam e-modul juga berkontribusi dalam memperbaiki pemahaman konsep, kemampuan berpikir kritis, dan keterampilan menyelesaikan masalah peserta didik. Oleh sebab itu, e-modul yang sudah dikembangkan tidak hanya layak digunakan sebagai sumber belajar tambahan, tetapi juga memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran fisika mengenai materi energi alternatif di sekolah.

SIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan e-modul pembelajaran fisika berbasis pendekatan STEM pada materi energi alternatif yang dikembangkan menggunakan model 4D. berdasarkan hasil validasi oleh ahli materi dan ahli media, e-modul yang dikembangkan berada pada kategori baik hingga sangat baik sehingga dinyatakan layak digunakan sebagai bahan ajar pendukung pembelajaran fisika. Hasil uji kepraktisan pada kelompok kecil dan kelompok besar menunjukkan respon positif dari peserta didik, yang mengindikasikan bahwa e-modul mudah digunakan dan diterima dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, e-modul yang dikembangkan dinyatakan valid dan praktis serta berpotensi mendukung pembelajaran fisika pada materi energi alternatif di tingkat sekolah menengah atas.

Daftar Pustaka

Anisa, N., Widiansyah, S., & Kuntari, S. (2025). *Faktor Penghambat Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreatif dalam Mata Pelajaran Sosiologi Kelas XI di SMAN 2 Kota Serang*. *9*, 18057–18066.

Banila, L., Lestari, H., & Siskandar, R. (2021). Penerapan blended learning dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan literasi sains siswa pada pembelajaran biologi di masa pandemi covid-19. *Journal of Biology Learning*, *3*(1), 25. https://doi.org/10.32585/jbl.v3i1.1348

Febriawati, R. N., Adhim, F., Hariyanto, & Pradana, P. H. (2024). Emerging Trends in STEAM Education: Advancing 5C Skills for Future-Ready Learners. *Indonesian Journal of Educational Research and Review*, *7*(3), 555–565. https://doi.org/10.23887/ijerr.v7i3.83194

Hariyanto, B., MZ, I., SU, W., & Rindawati. (2022). 4D Model Learning Device Development Method of the Physical Geography Field Work Guidance Book. *MATEC Web of Conferences*, *372*, 05008. https://doi.org/10.1051/matecconf/202237205008

Hasanah, R., Anam, F., & Suharti. (2023). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning Untuk

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v16i1.4090

Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Peserta Didik Kelas Vii B Smpn 13 Surabaya. *JMER : Journal of Mathematics Education Research*, *1*(2), 1–7.

Hayanum, R., Permana Sari, R., & Nurhafidhah. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran E-Modul Interaktif dengan Menggunakan Aplikasi Exe-Learning. *Katalis: Jurnal Penelitian Kimia Dan Pendidikan Kimia*, *5*(2), 7–17. https://doi.org/10.33059/katalis.v5i2.6970

Khoiriyyah, N., Qomaria, N., Ahied, M., Rendy, D. B., Putera, A., & Sutarja, M. C. (2022). Pengaruh Model Project Based Learning Dengan Pendekatan Steam Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *VEKTOR: Jurnal Pendidikan IPA*, *3*(2), 55–66. https://doi.org/10.35719/vektor.v3i2.61

Lastri, Y. (2023). Pengembangan Dan Pemanfaatan Bahan Ajar E-Modul Dalam Proses Pembelajaran. *Jurnal Citra Pendidikan*, *3*(3), 1139–1146. https://doi.org/10.38048/jcp.v3i3.1914

Ricu Sidiq, & Najuah. (2020). Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis Android pada Mata Kuliah Strategi Belajar Mengajar. *Jurnal Pendidikan Sejarah*, *9*(1), 1–14. https://doi.org/10.21009/jps.091.01

Rohmah, A. N., Lestari, N. A., & Saphira, H. V. (2025). *The Effect of STEAM Approach in Physics Learning to Enhance 21st Century Skills: A Research-Based Analytical Study*. *1*(1), 3090–5354. https://doi.org/10.63230/dpe.v1n1.38986

Rosnaeni, R. (2021). Karakteristik dan Asesmen Pembelajaran Abad 21. *Jurnal Basicedu*, *5*(5), 4341–4350. https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i5.1548

Saputri, D., Mellisa, Hidayati, N., & Fauziah, N. (2023). Lembar Validasi: Instrumen yang Digunakan Untuk Menilai Produk yang Dikembangkan Pada Penelitian Pengembangan Bidang Pendidikan. *Biology and Education Journal*, *3*(2), 133–151.

Septianingrum, A. D., Suhandi, A. M., Putri, F. S., & Prihantini. (2022). Peningkatan Kompetensi Pendidik dalam Literasi Digital untuk Menghadapi Tantangan Pembelajaran Abad 21. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *8*(7), 137–145. https://doi.org/10.5281/zenodo.6555502

Siagian, P., Suleman, N., Asrim, J. S. P., Tambi, Prihatini, S. E. W. W. O. Z., Budirohmi, A., & Armus, R. (2023). Energi Baru Terbarukan Sebagai Energi Alternatif. In *Yayasan Kita Menulis*. https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf

Tambusai, A. R., & Rakhmawati, F. (2023). Pengembangan E-Modul Berbasis Pendekatan STEAM (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematic) Pada Materi Segi Empat dan Segitiga. *Euclid*, *10*(1), 213. https://doi.org/10.33603/e.v10i1.8529

Thahir, I., Kasman, Ddin, R., & Rhamadan, N. (2022). Pembuatan Bahan Ajar E-Modul Menggunakan Aplikasi Flip PDF Professional. *I-Com: Indonesian Community Journal*, *2*(3), 533–541. https://doi.org/10.33379/icom.v2i3.1785