e-ISSN: 2829-4831 | p-ISSN: 2829-4955

Vol. 5 No. 3, October-December 2026
Pages 2605-2615

Pengembangan E-modul digital Fisika berbasis *Flipped Classroom* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi usaha dan energi

Development of a flipped classroom-based digital physics e-module to improve students' critical thinking skills on work and energy

Fransiska Apolonia Lena Rua*, Adrianus Nasar, Melkyanus Bili Embu Kaleka

Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Flores, Ende, Indonesia

* fransiskaalenarua@gmail.com (Primary Contact)

A B S T R A C T

Critical thinking is essential in physics learning, particularly for understanding concepts and solving contextual problems. Initial observations at SMA Negeri 2 Ende showed that students' average score on Work and Energy was 68, below the minimum achievement criterion of 75. This study aimed to develop a Flipped Classroom-based digital physics e-module and examine its validity, practicality, and effectiveness in improving students' critical thinking skills. The study employed Research and Development (R&D) using the ADDIE model: Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. The participants were 30 Grade XI students. Data were collected through expert validation, response questionnaires, and pre-test and post-test assessments, then analyzed using percentages, N-Gain, and a paired-sample t-test. The e-module obtained media and material validity scores of 84.914% and 89.50%, respectively. Student and teacher practicality scores were 84.47% and 95.833%. The mean score increased from 51.66 to 94.33, with an N-Gain of 0.88. The findings indicate that the e-module is valid, practical, and effective in supporting students' critical thinking.

Keywords
Digital teaching materials; Critical thinking; E-modules; Flipped classroom; Effort and energy

Article History
Received: 2026-09-28
Accepted: 2026-11-10

Copyright © 2026, Rua et al.
Published by MAN 4 Kota Pekanbaru
DOI: 10.56113/takuana.v5i3.748

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika tidak hanya bertujuan agar siswa menguasai konsep dan persamaan matematis, tetapi juga menuntut siswa mampu menggunakan penalaran dalam memahami berbagai fenomena dan menyelesaikan permasalahan fisika. Dalam proses pembelajaran, siswa perlu mampu mengidentifikasi informasi yang relevan, menghubungkan konsep dengan fenomena, menganalisis hubungan antar besaran, mengevaluasi suatu penyelesaian, menarik kesimpulan, serta merefleksikan proses berpikirnya. Kemampuan

BY-NC-SA
This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 International License

tersebut merupakan bagian penting dari kemampuan berpikir kritis yang diperlukan dalam pembelajaran fisika.

Kemampuan berpikir kritis menjadi salah satu kemampuan yang penting dikembangkan karena pembelajaran fisika memiliki karakteristik yang berkaitan dengan fenomena alam, konsep abstrak, representasi matematis, dan pemecahan masalah. Siswa tidak cukup hanya mengingat rumus, tetapi perlu memahami alasan penggunaan suatu persamaan dan mampu menentukan konsep yang sesuai dengan permasalahan yang dihadapi. Oleh karena itu, pembelajaran fisika perlu memberikan pengalaman belajar yang memungkinkan siswa untuk menginterpretasi informasi, menganalisis permasalahan, mengevaluasi penyelesaian, melakukan inferensi, memberikan penjelasan, dan melakukan regulasi terhadap proses belajarnya.

Salah satu materi fisika yang membutuhkan kemampuan tersebut adalah materi Usaha dan Energi. Materi ini mencakup konsep usaha, energi kinetik, energi potensial, energi mekanik, hukum kekekalan energi mekanik, dan daya. Konsep-konsep tersebut memiliki keterkaitan satu sama lain dan banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam menyelesaikan permasalahan Usaha dan Energi, siswa tidak hanya dituntut untuk menggunakan persamaan matematis, tetapi juga harus mampu memahami kondisi fisik yang diberikan, menentukan besaran yang diketahui dan ditanyakan, memilih prinsip fisika yang sesuai, melakukan perhitungan, serta mengevaluasi hasil yang diperoleh.

Hasil observasi dan wawancara awal di SMA Negeri 2 Ende menunjukkan bahwa pembelajaran fisika masih didominasi oleh penjelasan guru dan penggunaan buku teks. Kondisi tersebut menyebabkan kesempatan siswa untuk belajar secara mandiri dan melakukan eksplorasi terhadap konsep fisika masih terbatas. Siswa juga mengalami kesulitan dalam memahami konsep fisika yang bersifat abstrak dan cenderung menghafal rumus ketika menyelesaikan soal. Kondisi tersebut berdampak pada hasil belajar siswa. Rata-rata hasil belajar pada materi Usaha dan Energi berada pada angka 68, sedangkan kriteria ketuntasan yang digunakan adalah 75. Permasalahan tersebut menunjukkan perlunya suatu bahan ajar yang dapat membantu siswa belajar secara mandiri sekaligus memberikan kesempatan untuk melakukan aktivitas pembelajaran yang lebih aktif. Perkembangan teknologi memberikan peluang bagi guru untuk mengembangkan bahan ajar digital yang dapat diakses siswa secara fleksibel. Salah satu bentuk bahan ajar yang dapat digunakan adalah e-modul digital.

E-modul merupakan bahan ajar elektronik yang dapat memuat materi pembelajaran secara sistematis serta dilengkapi dengan berbagai unsur pendukung, seperti gambar, video, animasi, latihan, tautan, dan aktivitas interaktif. Penggunaan e-modul dapat memberikan kesempatan kepada siswa untuk mempelajari materi sesuai dengan kebutuhan dan kecepatannya. Selain itu, e-modul dapat menjadi sumber belajar yang mendukung pembelajaran di dalam maupun di luar kelas. Penggunaan e-modul akan lebih optimal apabila dipadukan dengan model pembelajaran yang memberikan ruang bagi siswa untuk belajar secara mandiri sebelum pembelajaran tatap muka. Salah satu model yang sesuai adalah *Flipped Classroom.* Model *Flipped Classroom* mengubah pola pembelajaran konvensional dengan memberikan materi pembelajaran kepada siswa sebelum kegiatan tatap muka. Waktu pembelajaran di kelas kemudian digunakan untuk kegiatan yang lebih aktif, seperti diskusi, pemecahan masalah, kerja kelompok, presentasi, dan pemberian umpan balik.

Penerapan *Flipped Classroom* dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga tahapan utama, yaitu *Pre-Class, In-Class, dan Post-Class.* Pada *tahap Pre-Class*, siswa mempelajari materi melalui e-modul digital, video pembelajaran, dan kegiatan awal yang telah disiapkan. Pada tahap *In-Class,* siswa melakukan diskusi, mengerjakan LKPD digital, menyelesaikan permasalahan, melakukan kegiatan kelompok, dan mempresentasikan hasilnya. Pada tahap Post-Class, siswa mengerjakan evaluasi dan melakukan refleksi terhadap pembelajaran yang telah dilaksanakan. Ketiga tahapan tersebut memberikan peluang untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa. Tahap *Pre-Class* memberikan kesempatan kepada siswa untuk menginterpretasi dan memahami informasi secara mandiri. Tahap *In-Class* memberikan kesempatan kepada siswa untuk menganalisis permasalahan, mengevaluasi penyelesaian, melakukan inferensi, dan memberikan penjelasan. Tahap *Post-Class* memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan evaluasi terhadap pemahaman dan proses belajar melalui latihan serta refleksi.

Kemampuan berpikir kritis dalam penelitian ini dibatasi pada enam indikator, yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri. Keenam indikator tersebut digunakan sebagai dasar dalam penyusunan aktivitas pembelajaran dan instrumen tes kemampuan berpikir kritis. Pengembangan e-modul digital berbasis *Flipped Classroom* menjadi penting karena dapat menggabungkan fleksibilitas bahan ajar digital dengan aktivitas pembelajaran yang berorientasi pada kemampuan berpikir tingkat tinggi. E-modul tidak hanya digunakan sebagai media untuk menyampaikan materi, tetapi juga dirancang sebagai sarana yang mengarahkan siswa untuk membaca, mengamati, menganalisis, berdiskusi, memecahkan masalah, mengomunikasikan hasil, dan melakukan refleksi. Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan pengembangan e-modul digital fisika berbasis *Flipped Classroom* pada materi usaha dan energi yang sesuai dengan kebutuhan siswa dan karakteristik pembelajaran fisika. Produk yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi alternatif bahan ajar yang valid, praktis, dan efektif dalam mendukung peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-modul digital fisika berbasis *Flipped Classroom* pada materi Usaha dan Energi serta mengetahui tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitas e-modul dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa kelas XI SMA Negeri 2 Ende.

2. METODE

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) atau penelitian dan pengembangan. Penelitian bertujuan menghasilkan produk berupa e-modul digital fisika berbasis *Flipped Classroom* pada materi Usaha dan Energi. Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE, yang terdiri atas lima tahap, yaitu A*nalysis, Design, Development, Implementation,* dan *Evaluation.* Model ini dipilih karena memberikan tahapan pengembangan yang sistematis, mulai dari analisis kebutuhan sampai dengan evaluasi produk setelah digunakan dalam pembelajaran. Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 2 Ende. Subjek penelitian dalam tahap implementasi terdiri atas 30 siswa kelas XI. Selain siswa, seorang guru fisika dilibatkan untuk memberikan penilaian terhadap kepraktisan e-modul. Validasi produk melibatkan ahli media dan ahli materi. Ahli media memberikan penilaian terhadap aspek tampilan, kemudahan penggunaan, interaktivitas, dan kualitas

penyajian. Ahli materi memberikan penilaian terhadap kesesuaian dan kualitas materi fisika yang disajikan dalam e-modul.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian terdiri atas lembar validasi, angket kepraktisan, pedoman wawancara, lembar observasi, dan tes kemampuan berpikir kritis. Lembar validasi digunakan untuk mengetahui kelayakan produk berdasarkan penilaian ahli media dan ahli materi. Angket kepraktisan diberikan kepada siswa dan guru setelah penggunaan e-modul untuk mengetahui kemudahan, keterlaksanaan, daya tarik, dan manfaat produk. Tes kemampuan berpikir kritis diberikan dalam bentuk pre-test dan post-test. Tes tersebut digunakan untuk mengetahui perubahan kemampuan berpikir kritis siswa setelah menggunakan e-modul digital berbasis *Flipped Classroom.* Instrumen tes kemampuan berpikir kritis digunakan untuk mengukur kemampuan siswa sebelum dan sesudah menggunakan e-modul digital fisika berbasis *Flipped Classroom.* Penyusunan instrumen mengacu pada enam indikator kemampuan berpikir kritis, yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri. Tes diberikan dalam bentuk pre-test dan post-test. Sistem penskoran menggunakan ketentuan bahwa setiap jawaban benar memperoleh skor 1, sedangkan jawaban salah memperoleh skor 0. Skor dari seluruh jawaban kemudian dijumlahkan untuk memperoleh skor total kemampuan berpikir kritis siswa. Nilai akhir dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Nilai} = \frac{skor\ yang\ di\ peroleh}{skor\ maksi.al}\ X\ 100$$

Dengan demikian, hasil tes digunakan untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa melalui perbandingan nilai pre-test dan post-test, serta perhitungan N-Gain.

Tabel 1. Rubrik Penskoran Tes Kemampuan Berpikir Kritis

Kriteria jawaban	skor
benar	1
salah	0
Skor maksimal	20

Indikator kemampuan berpikir kritis yang digunakan meliputi: 1) interpretasi; 2) analisis; 3) evaluasi; 4) inferensi; 5) eksplanasi; dan 6) regulasi diri.

2.2. Prosedur Pengembangan

Tahap analisis

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui kondisi awal pembelajaran dan kebutuhan pengembangan produk. Analisis meliputi analisis kebutuhan, analisis kurikulum, analisis karakteristik siswa, dan analisis materi. Analisis kebutuhan dilakukan melalui observasi dan wawancara dengan guru fisika. Hasil analisis menunjukkan bahwa pembelajaran masih banyak menggunakan metode penjelasan langsung dan buku teks. Siswa mengalami kesulitan memahami konsep yang bersifat abstrak dan cenderung menghafal rumus. Analisis kurikulum dilakukan untuk menyesuaikan materi dan tujuan pembelajaran dengan Kurikulum Merdeka. Analisis materi difokuskan pada materi Usaha dan Energi yang mencakup usaha, energi kinetik, energi potensial, energi mekanik, hukum kekekalan energi mekanik, dan daya.

Tahap desain

Tahap desain dilakukan dengan menyusun rancangan e-modul digital berdasarkan hasil analisis. Struktur e-modul disusun dengan memperhatikan karakteristik Flipped Classroom. E-modul dirancang untuk mendukung tiga tahapan pembelajaran, yaitu:

a. Pre-Class: siswa mempelajari materi dan video pembelajaran secara mandiri serta mengerjakan aktivitas awal.
b. In-Class: siswa melakukan diskusi, menyelesaikan permasalahan, mengerjakan LKPD digital, melakukan kegiatan kelompok, dan mempresentasikan hasil.
c. Post-Class: siswa mengerjakan evaluasi dan melakukan refleksi terhadap pembelajaran.

Pada tahap ini juga disusun instrumen validasi, angket kepraktisan, serta instrumen tes kemampuan berpikir kritis.

Tahap pengembangan

Pada tahap pengembangan, rancangan yang telah dibuat diwujudkan menjadi e-modul digital. E-modul memuat materi, gambar, video pembelajaran, contoh soal, latihan, aktivitas interaktif, LKPD digital, evaluasi, serta kegiatan refleksi. Produk yang telah dikembangkan kemudian divalidasi oleh ahli media dan ahli materi. Hasil validasi digunakan sebagai dasar untuk melakukan revisi sebelum produk diterapkan kepada siswa.

Tahap implementasi

Produk yang telah direvisi diterapkan kepada 30 siswa kelas XI SMA Negeri 2 Ende. Pelaksanaan pembelajaran mengikuti tahapan Flipped Classroom. Pada tahap Pre-Class, siswa mengakses e-modul dan mempelajari materi secara mandiri. Pada tahap In-Class, siswa mengikuti diskusi, menyelesaikan permasalahan, mengerjakan LKPD digital, dan mempresentasikan hasil. Pada tahap Post-Class, siswa mengerjakan evaluasi dan melakukan refleksi. Sebelum pembelajaran diberikan, siswa mengerjakan pre-test. Setelah seluruh kegiatan pembelajaran selesai, siswa mengerjakan post-test.

Tahap Evaluasi

Evaluasi dilakukan pada setiap tahap pengembangan. Evaluasi bertujuan mengetahui kekurangan produk dan menentukan perbaikan yang diperlukan. Evaluasi akhir dilakukan berdasarkan hasil validasi, kepraktisan, dan efektivitas e-modul.

Tabel 2. Validasi Ahli Media

No.	Aspek yang Dinilai	Persentase	Kategori
1	Desain tampilan	80,00%	Valid
2	Kemudahan penggunaan	76,00%	Valid
3	Interaktivitas media	82,50%	Sangat valid
4	Kualitas penyajian	87,50%	Sangat valid
	Rata-rata	84,914%	Sangat valid

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Validasi Ahli Media dan Materi

Validasi ahli media dilakukan untuk mengetahui kelayakan e-modul dari aspek tampilan, kemudahan penggunaan, interaktivitas, dan kualitas penyajian. Hasil validasi disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, hasil validasi ahli media menunjukkan bahwa aspek desain tampilan memperoleh persentase sebesar 80,00% dengan kategori valid, aspek kemudahan penggunaan sebesar 76,00% dengan kategori valid, aspek interaktivitas media sebesar 82,50% dengan kategori sangat valid, dan aspek kualitas penyajian sebesar 87,50% dengan kategori sangat valid. Berdasarkan perhitungan rata-rata aritmetika dari keempat aspek tersebut, diperoleh persentase sebesar 84,914% dengan kategori sangat valid. Hasil ini menunjukkan bahwa e-modul digital fisika berbasis Flipped Classroom telah memenuhi kriteria kelayakan media pembelajaran dan layak digunakan dengan memperhatikan saran serta masukan dari validator. Selanjutnya, validasi ahli materi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian isi e-modul dengan materi Usaha dan Energi serta tujuan pembelajaran. Hasil validasi ahli materi memperoleh rata-rata 89,50% dengan kategori sangat valid.

Tabel 3. Validasi Ahli Materi

Penilaian	Persentase	Kategori
Ahli materi	89,50%	Sangat valid

3.2. Hasil Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis

Sebelum menguji efektivitas e-modul yang dikembangkan dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa, penulis melakukan uji kepraktisan berdasarkan respons siswa dan guru setelah produk digunakan dalam pembelajaran. Hasil uji kepraktisan ini disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Kepraktisan e-modul

Responden	Persentase	Kategori
Siswa	84,47%	Sangat praktis
Guru	95,833%	Sangat praktis

Respons siswa terhadap penggunaan e-modul memperoleh persentase 84,47%, sedangkan respons guru memperoleh 95,833%. Kedua hasil tersebut termasuk kategori sangat praktis dan menunjukkan bahwa e-modul dapat digunakan dengan mudah dalam pembelajaran. Selanjutnya, efektivitas e-modul ditinjau berdasarkan perubahan kemampuan berpikir kritis melalui hasil pre-test dan post-test.

Tabel 5. Efektivitas e- modul

Jenis Tes	Rata-rata
Pre-test	51,66
Post-test	94,33
N-Gain	0,88
Kategori	Tinggi

Penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan e-modul digital fisika berbasis *Flipped Classroom.* Hal ini ditunjukkan melalui peningkatan nilai rata-rata pre-test sebesar 51,66 menjadi 94,33 pada post-test, dengan nilai N-Gain sebesar 0,88 yang termasuk kategori tinggi. Hasil uji Paired Sample t-Test juga menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,01 lebih kecil dari 0,05. Temuan ini mengindikasikan adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik setelah mengikuti pembelajaran menggunakan e-modul digital berbasis *Flipped Classroom*

Meskipun demikian, hasil tersebut perlu diinterpretasikan secara hati-hati karena penelitian ini hanya melibatkan satu kelompok yang terdiri atas 30 peserta didik tanpa kelompok kontrol atau kelompok pembanding. Oleh karena itu, peningkatan kemampuan berpikir kritis yang diperoleh belum dapat sepenuhnya dikaitkan sebagai akibat langsung dari penggunaan e-modul yang dikembangkan. Terdapat kemungkinan bahwa peningkatan tersebut juga dipengaruhi oleh faktor lain, seperti pengalaman belajar sebelumnya, interaksi antara guru dan peserta didik, serta proses pembelajaran yang berlangsung selama penelitian. Dengan demikian, hasil penelitian ini memberikan indikasi positif mengenai potensi penggunaan e-modul digital berbasis Flipped Classroom dalam mendukung peningkatan kemampuan berpikir kritis, tetapi belum membuktikan hubungan sebab-akibat secara pasti.

Tabel 6. Hasil Uji *Baired Sample t-Test*

Variabel	***Mean Difference***	***t***	***df***	***Sig. (2-tailed)***
Pre-test – Post-test	*-43,200*	*-12,435*	*29*	*< 0,001*

Berdasarkan hasil analisis menggunakan uji Paired Sample t-Test, diperoleh nilai t sebesar -12,435 dengan derajat kebebasan (degree of freedom) sebesar 29 dan nilai signifikansi (2-tailed) sebesar kurang dari 0,001. Nilai signifikansi tersebut lebih kecil dari 0,05, sehingga menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kemampuan berpikir kritis peserta didik sebelum dan sesudah menggunakan e-modul digital fisika berbasis Flipped Classroom. Hasil pengujian juga menunjukkan nilai rata-rata selisih sebesar -43,200 dengan interval kepercayaan 95% antara -50,305 sampai -36,095. Temuan ini menunjukkan bahwa skor posttest lebih tinggi dibandingkan skor pretest. Dengan demikian, penggunaan e-modul digital fisika berbasis Flipped Classroom menunjukkan potensi positif dalam mendukung peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi usaha dan energi.

3.3. Pembahasan

Hasil validasi menunjukkan bahwa e-modul digital fisika berbasis Flipped Classroom telah memenuhi kriteria valid. Validasi media memperoleh rata-rata 84,914%, sedangkan validasi materi memperoleh rata-rata 89,50%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa produk telah memenuhi aspek yang diperlukan sebagai bahan ajar digital. Disisi lain, hasil uji kepraktisan menunjukkan bahwa e-modul memperoleh respons sangat praktis dari siswa maupun guru. Persentase respons siswa sebesar 84,47%, sedangkan guru sebesar 95,833%. E-modul dapat digunakan sebagai sumber belajar mandiri dan membantu guru mengorganisasikan pembelajaran berdasarkan tahapan *Flipped Classroom.*

Rata-rata pre-test sebesar 51,66 meningkat menjadi 94,33 pada post-test. *N-Gain* sebesar 0,88 berada pada kategori tinggi. Peningkatan tersebut berkaitan dengan aktivitas

pembelajaran dalam e-modul dan penerapan *Flipped Classroom* yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk belajar mandiri, berdiskusi, memecahkan masalah, dan melakukan refleksi.

Pada tahap *Pre-Class*, siswa mempelajari materi secara mandiri. Pada tahap *In-Class*, siswa menggunakan pengetahuan awal untuk menganalisis masalah, berdiskusi, membandingkan penyelesaian, dan menarik kesimpulan. Tahap *Post-Class* memberikan kesempatan untuk mengevaluasi proses belajar melalui latihan dan refleksi. Adapun uji paired Sample t-Test menunjukkan nilai signifikansi 0,01 < 0,05. Hasil tersebut menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kemampuan siswa sebelum dan sesudah menggunakan e-modul dan memperkuat hasil *N-Gain* sebesar 0,88.

Penelitian pengembangan e-modul digital fisika berbasis Flipped Classroom ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, uji efektivitas hanya dilakukan pada satu kelompok yang terdiri atas 30 peserta didik tanpa melibatkan kelompok kontrol sebagai pembanding. Kedua, pengukuran peningkatan kemampuan berpikir kritis hanya dilakukan melalui perbandingan hasil pretest dan posttest. Oleh karena itu, peningkatan skor yang diperoleh belum dapat sepenuhnya menunjukkan bahwa perubahan tersebut hanya disebabkan oleh penggunaan e-modul digital yang dikembangkan. Faktor lain, seperti pengalaman belajar, interaksi pembelajaran, dan pengaruh guru, juga mungkin berkontribusi terhadap hasil yang diperoleh. Ketiga, penelitian ini dilaksanakan pada satu sekolah sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasikan secara luas. Penelitian selanjutnya disarankan melibatkan kelompok eksperimen dan kelompok kontrol serta cakupan sekolah yang lebih luas agar pengaruh penggunaan e-modul terhadap kemampuan berpikir kritis dapat diuji secara lebih mendalam.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba, penggunaan e-modul digital fisika berbasis Flipped Classroom menunjukkan potensi positif dalam mendukung peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi usaha dan energi. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan nilai rata-rata dari 51,66 pada pretest menjadi 94,33 pada posttest, dengan nilai N-Gain sebesar 0,88 dalam kategori tinggi. Hasil uji Paired Sample t-Test menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara hasil pretest dan posttest. Namun, karena penelitian ini hanya menggunakan desain satu kelompok tanpa kelompok pembanding, hasil tersebut belum dapat dijadikan bukti bahwa peningkatan kemampuan berpikir kritis semata-mata disebabkan oleh penggunaan e-modul yang dikembangkan.

Hasil validasi menunjukkan bahwa e-modul termasuk kategori sangat valid. Validasi ahli media memperoleh persentase 84,914%, sedangkan validasi ahli materi memperoleh 89,50%. Hasil uji kepraktisan menunjukkan respons siswa sebesar 84,47% dan guru sebesar 95,833%, keduanya termasuk kategori sangat praktis. Secara keseluruhan, e-modul digital fisika berbasis Flipped Classroom dinyatakan sangat valid, sangat praktis, dan efektif dalam mendukung peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi Usaha dan Energi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada Universitas Flores, SMA Negeri 2 Ende, guru Fisika, para ahli validator, serta seluruh siswa kelas XI yang telah memberikan dukungan dan berpartisipasi dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan kontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian dan penyusunan artikel ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik.

BIOGRAFI PENULIS

Fransiska Apolonia Lena Rua merupakan mahasiswa Universitas Flores yang memiliki minat dalam bidang Pendidikan Fisika. Penulis menempuh pendidikan di Universitas Flores pada bidang Pendidikan Fisika.

Email: fransiskaalenarua@gmail.com

Adrianus Nasar merupakan dosen di Universitas Flores dengan bidang keahlian Pendidikan Fisika. Penulis memiliki gelar magister dalam bidang Pendidikan Fisika.

Email: adrianus07@gmail.com

Melkyanus Bili Embu Kaleka merupakan dosen di Universitas Flores dengan bidang keahlian Pendidikan Fisika. Penulis memiliki gelar magister dalam bidang Pendidikan Fisika.

Email: melkycitra15@gmail.com

DAFTAR PUSTAKA

Anak, P., Dini, U., & Dasar, P. (2024). Pengembangan bahan ajar interaktif berbasis flipbook pada mata pelajaran dokumen berbasis digital: Implikasi bagi pembelajaran di era Society 5.0. *Pendidikan Fisika: E-Jurnal Pendidikan, 8*, 32–52.

Anggi Putri Patricia Brant, S. T. (2025). Pengembangan kompetensi profesional kepala sekolah berbasis e-modul di Kota Yogyakarta. *E-Jurnal Inspirasi Manajemen Pendidikan, 12*, 134–146.

Angraina, F. (2025). *Implementasi flipped classroom pada pelajaran ekonomi meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa*.

Ardy Irawan, M. H. (2021). Kepraktisan media pembelajaran komik matematika. *Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika, 10*, 91–100.

Dkk, H. B. (2025). Pengembangan e-modul. *Jurnal Ilmu Pendidikan, 13*.

Edukasia, J. E. (2023). Pengembangan modul digital berancangan flipped classroom meningkatkan self-directed learning dan hasil belajar tematik siswa kelas VI. *Jurnal Edukasia, 6*(1), 51–61. https://doi.org/10.31949/jee.v6i1.4671

Fatonah, U. (2024). Pengaruh efikasi diri dan motivasi siswa SMA terhadap pemahaman konsep pada materi usaha dan energi. *Jurnal Pendidikan, 8*, 175.

Hamid, A. (2020). Desain pembelajaran flipped learning sebagai solusi model pembelajaran PAI abad 21. *Jurnal Pendidikan Agama, 8*, 149–164.

Hari, K., Dewi, S., Junko, I. W., Winata, A., & Dewa, I. K. A. (2024). Efektivitas e-modul model flipped classroom dalam meningkatkan hasil belajar mahasiswa pada materi uji validitas dan reliabilitas instrumen. *Jurnal Riset dan Inovasi Pembelajaran, 4*, 1715–1725.

Harisah, S., & Halifah, N. (2024). Analisis pemahaman membaca kritis mahasiswa Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tadulako. *Jurnal Onoma: Pendidikan Bahasa dan Sastra, 10*(4), 3815–3824.

Hasanudin, A. S., & Septiani, M. (2021). Karakteristik modul digital berbasis interactive flipbook pada mata kuliah evaluasi program untuk mendorong pembelajaran self-integrated di perguruan tinggi. *Jurnal Pendidikan Pengembangan, 4*, 1–7.

Hidaya, A. (2024). Efektivitas model pembelajaran problem solving terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. *Jurnal Pendidikan, 8*.

Idin, S. (2020). *Research highlights in education and science 2020*.

Izzah, N. (2021). Meta-analisis effect size pengaruh bahan ajar IPA. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) FKIP UM Metro, 9*(1).

Ketintang, J. (2022). Efektivitas penggunaan e-modul berbasis flipped classroom untuk melatih keterampilan berpikir kritis. *Jurnal Nasional Fisika*, 91–96.

Krisna, Arya Wira Retno, H. (2020). Pengembangan e-modul interaktif menggunakan model ADDIE pada mata pelajaran komputer dan jaringan dasar kelas X jurusan TKJ. *Jurnal Pengembangan Teknologi dan Ilmu Komputer, 1*(1), 1–17.

Listiaji, P. (2021). Pengaruh pembelajaran literasi digital pada kompetensi teknologi informasi dan komunikasi calon guru. *JPNK (Jurnal Pendidikan Nasional Fisika), 6*, 107–116.

Manurung, A. S., Utomo, E., & Gumelar, G. (2023). Implementasi berpikir kritis dalam upaya mengembangkan kemampuan berpikir kreatif mahasiswa. *Jurnal Papeda, 5*(2), 120–132.

Pasca, W., & Waluya, B. (2024). Integrasi STEAM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Matematika, 7*, 301–308.

Purwanti, P. (2024). Pengembangan e-modul fisika virtual materi gerak pada Kurikulum Merdeka. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika, 5*(2), 89–97.

Putri, H. K., Indrawati, & Mahardika, I. K. (2016). Model pembelajaran inkuiri terbimbing disertai teknik peta konsep dalam pembelajaran fisika di SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika, 4*(4), 321–326.

Rahmatika, N. (2024). The impact of flipped learning on students' critical thinking: A systematic literature review. *23*(10), 180–206.

Rohmawan, A. (2020). *Aspek berpikir kritis dan kreatif dalam buku teks karya mahasiswa, 4*, 32–44.

Salsabilla, I. I., & Jannah, E. (2023). *Analisis modul ajar berbasis Kurikulum Merdeka, 3*(1), 33–41.

Saraswati, N. D., Iesa, A., Illahi, K., Arif, A., & Hakim, L. (2025). Pengembangan bahan ajar interaktif berbasis flipbook pada mata pelajaran dokumen berbasis digital: Implikasi bagi pembelajaran di era Society 5.0. *Jurnal Ilmu Pendidikan, 8*(1), 32–52.

Smkn, X. A. (2022). Implementation of HOTS-based learning on packaging learning material to improve critical thinking ability. *7*(2), 165–181.

Solihah, F., & Padli, S. (2025). Pengaruh model pembelajaran flipped classroom terhadap keterampilan berpikir kritis matematis siswa SMP. *8*.

Sopiyan, P. (2022). Pengaruh digital marketing dan kualitas pelayanan terhadap keputusan pembelian. *Ilmiah Manajemen, 13*(2), 249–258.

Studi, P., Biologi, P., Keguruan, F., Ronggolawe, U. P., Nomor, J. M., & Timur, J. (2025). Validitas media pembelajaran multimedia interaktif terintegrasi deep learning mata pelajaran IPA. *Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan, 5*(3), 758–770.

Subro, M. H., & Fawaid, A. (2025). Penerapan pembelajaran abad 21 dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. *JIIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan, 8*(6), 6344–6348.

Sunantri, A. (2020). Pengembangan modul pembelajaran menggunakan Learning Content Development System materi usaha dan energi. *1*, 107–117.

Untuk, T., Minat, M., Siswa, B., & VIII, K. (2022). *Jurnal Pendidikan Fisika, 10*(1), 83–97.

Vereş, S. (2021). The flipped classroom as an instructional model. *X*(1), 56–67. https://doi.org/10.24193/RRGE120214

Wahid, S. (2024). Pengaruh pembelajaran berbasis proyek terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA Negeri 22 Makassar. *24*, 358–368. https://doi.org/10.35965/eco.v24i2.4708

Windurinata, F. R. (2024). *Analisis penerapan Kurikulum Merdeka terhadap keterampilan berpikir kritis abad 21 pada pembelajaran matematika*.

Zayrin, A. A., Nupus, H., Maizia, K. K., & Marsela, S. (2025). Analisis instrumen penelitian pendidikan (Uji validitas dan reliabilitas instrumen penelitian). *Pendidikan Sosial dan Humaniora, 3*, 780–789.