

ANALISIS KEBUTUHAN PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS *PROJECT BASED LEARNING* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA

Nadira*, Sri Purwaningsih, Nazarudin

Program Studi Magister Pendidikan IPA, Universitas Jambi

*email: nadiraci05@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan pengembangan e-modul berbasis *Project Based Learning* (PjBL) guna meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA. Penelitian menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan teknik pengumpulan data melalui observasi proses pembelajaran serta wawancara dengan guru dan peserta didik kelas XI dan XII MAN 2 Tebo. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pembelajaran fisika di sekolah masih didominasi oleh metode ceramah dengan sumber belajar utama berupa buku cetak dan LKS. Guru belum pernah menggunakan e-modul maupun menerapkan PjBL secara optimal karena keterbatasan pemahaman terhadap sintaks model dan minimnya sarana prasarana pendukung. Materi yang paling sulit dipahami oleh peserta didik adalah Termodinamika, terutama konsep energi dalam, entropi, dan siklus termal yang dianggap abstrak dan sulit divisualisasikan. Sebagian besar peserta didik mengaku kesulitan memahami konsep karena minim contoh nyata dan pembelajaran kurang interaktif. Mereka mengharapkan adanya bahan ajar digital yang interaktif, dilengkapi animasi, video percobaan, rangkuman visual, dan latihan soal. Hasil observasi menunjukkan keterbatasan infrastruktur teknologi di sekolah, seperti komputer dan proyektor yang terbatas serta aturan pembatasan penggunaan ponsel di kelas. Berdasarkan temuan tersebut, diperlukan pengembangan e-modul berbasis PjBL sebagai media pembelajaran alternatif untuk mendukung pembelajaran fisika yang kontekstual, menarik, serta dapat mendorong peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa sesuai tuntutan Kurikulum Merdeka.

Kata kunci: Berpikir Kritis, E-Modul, PjBL.

ABSTRACT

This study aims to analyze the needs for developing Project Based Learning (PjBL)-based e-modules to enhance high school students' critical thinking skills. A descriptive qualitative method was used, with data collected through classroom observations and interviews with physics teachers and students of grades XI and XII at MAN 2 Tebo. The results showed that physics learning is still dominated by the lecture method, with textbooks and student worksheets as the primary learning resources. Teachers have never used e-modules or fully implemented PjBL due to limited understanding of the model syntax and insufficient facilities. The most difficult material for students to understand is Thermodynamics, especially concepts such as internal energy, entropy, and thermal cycles, which are considered abstract and hard to visualize. Students expressed difficulties due to the lack of real examples and limited use of interactive media. They expect interactive digital learning resources equipped with animations, experiment videos, visual summaries, and exercises. Classroom observations also revealed limited technological infrastructure, such as few computers and projectors, as well as restrictions on mobile phone use. These findings emphasize the need to develop PjBL-based e-modules as an alternative learning medium to support contextual and engaging physics learning and foster students' critical thinking skills in line with the Merdeka Curriculum.

Keywords: Critical Thinking, E-module, PjBL

1. PENDAHULUAN

Abad ke-21 ditandai oleh perubahan cepat dan kompleks dalam bidang teknologi, sosial, dan ekonomi. Perkembangan ini menuntut setiap individu memiliki keterampilan adaptif untuk menghadapi tantangan baru secara efektif. Dalam pendidikan modern, empat aspek utama keberhasilan yang harus

dikembangkan meliputi komunikasi, kolaborasi, berpikir kritis, dan kreativitas (Kurniawan & Kuswandi, 2021). Kemampuan berpikir kritis menjadi kebutuhan mendesak sebagai proses menganalisis, mengevaluasi, dan menghubungkan informasi secara logis untuk memperdalam pemahaman, bukan sekadar kemampuan mekanik

(Zubaidah, 2019). Menurut Wandari et al (2024), berdasarkan hasil penelitian, kondisi di lapangan mengindikasikan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik SMA masih rendah. Salah satu penyebabnya adalah masih kuatnya penerapan metode pembelajaran konvensional yang berpusat pada guru serta penggunaan media pembelajaran yang kurang inovatif dan interaktif.

Hasil survei PISA (*Programme for International Student Assessment*) sejak tahun 2003 menunjukkan rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa Indonesia, terutama dalam bidang sains. Pada PISA 2018, Indonesia menduduki peringkat rendah dalam kinerja sains dari 79 negara peserta (Maghfiro et al., 2024). Hal ini menjadi bukti empiris penting perlunya inovasi media pembelajaran yang lebih efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Berdasarkan observasi dan wawancara di MAN 2 Tebo mengungkapkan bahwa pembelajaran fisika masih didominasi metode ceramah dengan sumber belajar berupa buku cetak dan LKS. Guru belum pernah menggunakan e-modul maupun mengimplementasikan *Project Based Learning* (PjBL) secara optimal karena keterbatasan pemahaman sintaks model serta sarana prasarana pendukung yang minim. Materi termodinamika sangat sulit dipahami siswa karena abstrak, kurangnya contoh nyata, dan minimnya media visual interaktif. Infrastruktur teknologi sekolah juga terbatas, seperti komputer dan proyektor yang kurang memadai serta pembatasan penggunaan ponsel di kelas.

Untuk menjawab tantangan tersebut, diperlukan inovasi dalam pengembangan media pembelajaran yang tidak hanya berfungsi sebagai penyampai materi, tetapi juga mampu menstimulasi kemampuan berpikir kritis dan mendalam peserta didik. Salah satu alternatif media yang potensial untuk dikembangkan adalah e-modul interaktif. Sebagai salah satu bentuk bahan ajar, modul memiliki keunggulan dalam menyajikan materi secara ringkas, jelas, dan sistematis, sehingga dapat mendukung proses pembelajaran yang lebih terarah dan efisien (Raharjo et al., 2017).

Menurut Najuah et al. (2020) Modul Elektronik (E-Modules) adalah materi pembelajaran mandiri yang disusun secara sistematis ke dalam unit-unit pembelajaran tertentu dan disajikan dalam format elektronik,

dengan setiap pembelajaran dihubungkan oleh tautan sebagai navigasi yang membuat siswa lebih interaktif dengan programnya. Menampilkan video tutorial, animasi dan audio untuk memperkaya pembelajaran dan membuat siswa lebih interaktif. Keunggulan lainnya, e-modul mampu meningkatkan motivasi belajar melalui penyajian konten yang menarik dan interaktif, sehingga menjadikannya sebagai sarana pembelajaran yang relevan, praktis, dan sesuai dengan kebutuhan pendidikan di era digital saat ini (P. Sari et al., 2024).

Untuk memaksimalkan efektivitas e-modul dalam mendorong keterampilan abad 21 seperti berpikir kritis dan kolaborasi, diperlukan penerapan pendekatan pembelajaran yang sesuai. Penelitian Erin et al (2020) menekankan pentingnya sebuah pendekatan yang menunjang, salah satunya adalah PjBL (*Project Based Learning*). E-modul dirancang sebagai media pembelajaran yang efektif dalam mendorong kolaborasi antar siswa melalui pendekatan *Project Based Learning* (PjBL). Melalui pendekatan ini, e-modul tidak hanya berfungsi sebagai penyaji teori, tetapi juga menyediakan panduan langkah demi langkah yang membimbing peserta didik dalam merancang dan melaksanakan proyek nyata. Kegiatan kolaboratif yang difasilitasi dalam e-modul memungkinkan siswa untuk bertukar ide, berdiskusi, serta bekerja sama dalam menyelesaikan permasalahan yang muncul selama proses pembelajaran (Pramiswari et al., 2023).

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji pentingnya pengembangan kemampuan berpikir kritis melalui media pembelajaran digital, masih terdapat kekurangan dalam pemanfaatan e-modul interaktif berbasis *Project Based Learning* khususnya pada materi termodinamika di tingkat SMA. Penelitian sebelumnya Wulandari & Sulistyowati (2022) lebih banyak fokus pada pengembangan e-modul secara umum tanpa integrasi pendekatan pembelajaran yang menekankan kolaborasi dan berpikir kritis secara terpadu. Selain itu, riset yang meneliti secara spesifik efektivitas e-modul PjBL pada konsep-konsep fisika seperti termodinamika juga masih terbatas (Parwiti et al., 2024). Hal ini menunjukkan adanya celah penelitian terkait pengembangan media pembelajaran yang tidak hanya interaktif, tetapi juga mengadopsi metode pembelajaran berbasis proyek untuk

meningkatkan keterampilan abad 21 secara komprehensif.

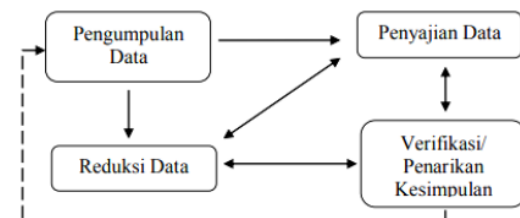
Namun demikian, sebelum mengembangkan e-modul tersebut, diperlukan analisis kebutuhan untuk memastikan bahwa media yang dikembangkan benar-benar sesuai dengan kondisi dan kebutuhan pembelajaran. Analisis kebutuhan merupakan tahapan penting dalam proses pengembangan media, yang bertujuan untuk mengidentifikasi masalah pembelajaran, ekspektasi guru dan siswa, serta potensi pemanfaatan teknologi yang ada. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kebutuhan pengembangan e-modul terdinamika berbasis *Project Based Learning*, sebagai solusi untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA.

Penelitian ini berkontribusi secara signifikan dengan melakukan analisis kebutuhan yang mendalam sebagai dasar pengembangan e-modul interaktif berbasis *Project Based Learning* untuk materi terdinamika di SMA. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan solusi media pembelajaran inovatif yang menstimulasi kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa secara efektif. Selain itu, penelitian ini melengkapi kekurangan studi terdahulu dengan menghadirkan desain e-modul yang sesuai dengan karakteristik pembelajaran abad ke-21 sekaligus mempertimbangkan kondisi nyata di lapangan. Secara konklusif, penelitian ini memberikan dasar empiris yang kuat untuk pengembangan media pembelajaran yang relevan, praktis, dan adaptif terhadap kebutuhan pendidikan modern, sekaligus menjadi referensi penting bagi pengembang kurikulum dan pendidik dalam meningkatkan kualitas pembelajaran fisika di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian menjelaskan rancangan Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif yang berfokus pada proses pengembangan suatu produk. Menurut Bogdan dan Taylor dalam Moleong (Moleong, 2002), penelitian kualitatif merupakan jenis penelitian yang menghasilkan data deskriptif berupa kata-kata tertulis atau lisan dari individu maupun perilaku yang dapat diamati. Subjek dalam penelitian ini adalah guru mata pelajaran Fisika dan siswa kelas XI dan XII MAN 2 Tebo. Pengumpulan data penelitian ini menggunakan instrumen berupa wawancara dan Observasi

Proses Pembelajaran. Teknik analisis data menggunakan model *interactive analysis* dari Miles dan Huberman dalam Abdussamad (2021), yang mencakup tiga komponen utama yang berlangsung secara simultan, yaitu reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan atau verifikasi. Tahapan analisis data dalam penelitian ini akan dijelaskan pada gambar 1.



Gambar 1. Analisis Interaktif dari Miles & Huberman

Berdasarkan Gambar 1, tahapan analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa langkah sebagai berikut. Pertama, seluruh temuan fenomenologis dicatat melalui kegiatan observasi dan wawancara yang melibatkan guru Fisika serta siswa kelas XI dan XII di MAN 2 Tebo. Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan pengembangan bahan ajar berupa e-modul berbasis *Project Based Learning*, guna meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Kedua, data yang terkumpul kemudian direduksi melalui proses analisis dengan cara menajamkan, mengelompokkan, mengarahkan, menghilangkan informasi yang tidak relevan, dan mengorganisasi data sedemikian rupa agar dapat ditarik dan diverifikasi kesimpulan akhir secara sistematis. Ketiga, data yang telah diklasifikasikan dideskripsikan dengan memperhatikan fokus serta tujuan penelitian. Keempat, analisis akhir disusun dalam bentuk laporan hasil penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di kelas XI dan XII MAN 2 Tebo serta wawancara mendalam dengan guru fisika dan peserta didik, diperoleh data sebagai berikut:

Hasil Wawancara Kebutuhan Guru

Instrumen wawancara ini dirancang untuk mendapatkan gambaran lengkap mengenai kondisi pengajaran Fisika saat ini di sekolah, termasuk harapan guru terhadap pengembangan media pembelajaran inovatif, khususnya e-modul berbasis *Project Based Learning* (PjBL).

Kisi-kisi instrumen ini tersusun sistematis dalam delapan indikator utama yang saling terkait:

- 1) Kurikulum dan Pembelajaran Fisika (3 Butir Pertanyaan): Fokusnya adalah memahami implementasi kurikulum, bagaimana penerapannya sehari-hari, dan kompetensi sulit yang belum dikuasai siswa, terutama pada materi abstrak seperti Termodinamika.
- 2) Metode Pembelajaran (1 Butir Pertanyaan): Untuk mengidentifikasi pendekatan mengajar yang dominan digunakan guru, apakah masih konvensional atau sudah bergeser ke pembelajaran aktif.
- 3) Minat dan Kesulitan Siswa (2 Butir Pertanyaan): Mendapatkan persepsi guru mengenai motivasi belajar dan hambatan yang dialami siswa dalam mempelajari Fisika.
- 4) Penggunaan Teknologi dan Media (2 Butir Pertanyaan): Bertujuan mengukur pemanfaatan teknologi dalam kelas dan ketersediaan sarana/prasarana sekolah.
- 5) Penggunaan E-Modul (3 Butir Pertanyaan): Menggali pengalaman guru dengan e-modul dan fitur-fitur yang mereka harapkan ada pada e-modul Fisika agar lebih menarik dan efektif membantu pemahaman.
- 6) Penerapan *Project Based Learning* (PjBL) (2 Butir Pertanyaan): Untuk mengetahui pengalaman dan kendala yang dihadapi guru saat mengimplementasikan model pembelajaran PjBL.
- 7) Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis (2 Butir Pertanyaan): Menilai sejauh mana guru telah membiasakan siswa untuk berpikir kritis melalui aktivitas atau pertanyaan menantang.
- 8) Pengembangan E-Modul Berbasis PjBL (2 Butir Pertanyaan): Indikator penutup ini menggali harapan spesifik guru terhadap e-modul interaktif berbasis PjBL sebagai media alternatif yang dapat mendorong keterlibatan aktif, peningkatan pemahaman konsep, dan penumbuhan kemampuan berpikir kritis.

Berdasarkan kisi-kisi instrumen wawancara yang telah disusun, wawancara dengan guru Fisika difokuskan untuk menggali informasi mengenai berbagai aspek penting dalam proses pembelajaran, di antaranya pelaksanaan kurikulum, metode pembelajaran yang digunakan, minat dan kesulitan siswa dalam memahami materi, pemanfaatan teknologi dan media pembelajaran, penggunaan e-modul, penerapan *Project Based Learning*

(PjBL), serta upaya pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa. Instrumen ini juga memuat komponen yang mengeksplorasi pandangan dan harapan guru terhadap pengembangan e-modul berbasis PjBL sebagai alternatif media pembelajaran yang inovatif dan kontekstual. Melalui kisi-kisi instrumen ini, wawancara dirancang untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai kondisi riil pembelajaran Fisika di sekolah, kendala yang dihadapi guru, serta peluang untuk mengembangkan media pembelajaran digital yang lebih interaktif dan relevan.

Hasil wawancara menunjukkan bahwa guru telah menggunakan Kurikulum Merdeka, namun implementasinya belum sepenuhnya optimal karena keterbatasan sarana dan prasarana sekolah. Guru menyampaikan bahwa materi termodinamika menjadi topik yang paling sulit dipahami siswa karena sifatnya yang abstrak dan kurangnya alat bantu pembelajaran yang dapat memberikan visualisasi nyata. Dalam praktik mengajar, guru lebih banyak menggunakan metode ceramah, tanya jawab, dan diskusi sederhana yang cenderung berpusat pada guru, sehingga keaktifan siswa dalam pembelajaran masih terbatas. Guru juga mengakui bahwa minat siswa terhadap Fisika tergolong rendah, sebab siswa menganggap pelajaran ini sulit dan penuh dengan hafalan rumus.

Dari sisi media pembelajaran, guru masih mengandalkan buku cetak dan Lembar Kerja Siswa (LKS) sebagai sumber utama. Infrastruktur teknologi seperti komputer dan jaringan internet masih terbatas, sehingga pembelajaran digital belum dapat diterapkan secara maksimal. Guru mengungkapkan bahwa e-modul belum pernah digunakan dalam pembelajaran, namun mereka memiliki harapan besar terhadap pengembangan e-modul interaktif yang dilengkapi fitur animasi, video pembelajaran, latihan soal, rangkuman visual, dan evaluasi digital. Guru juga belum familiar dengan perangkat Flip PDF Professional, tetapi terbuka untuk menggunakannya apabila mendapatkan pelatihan yang sesuai.

Dalam hal penerapan model PjBL, guru menyampaikan bahwa model ini belum diterapkan secara maksimal karena keterbatasan pemahaman terhadap sintaks model dan kurangnya sarana pendukung. Guru juga jarang memberikan pertanyaan pemantik yang dapat menumbuhkan kemampuan berpikir

kritis karena sebagian besar siswa masih kesulitan dalam menganalisis soal dan mengaitkan konsep Fisika dengan fenomena kehidupan sehari-hari. Meski demikian, guru menyambut positif rencana pengembangan e-modul berbasis PjBL, karena dianggap mampu meningkatkan keaktifan siswa, mempermudah pemahaman konsep, dan melatih keterampilan berpikir kritis. Guru juga berharap e-modul ini dapat dikembangkan dengan konten yang menarik seperti proyek kontekstual, animasi, dan video pembelajaran sehingga pembelajaran menjadi lebih interaktif, menyenangkan, dan sesuai dengan tuntutan Kurikulum Merdeka..

Hasil wawancara kebutuhan peserta didik

Wawancara dengan peserta didik dilaksanakan berdasarkan kisi-kisi yang fokus pada lima area utama: (1) kendala dan minat belajar Fisika, (2) preferensi metode pengajaran, (3) tingkat kemampuan berpikir kritis, (4) pemanfaatan teknologi digital, dan (5) sumber belajar yang digunakan dan yang ideal. Instrumen ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran menyeluruh tentang pengalaman belajar siswa, tantangan yang mereka hadapi, serta harapan mereka terhadap inovasi pembelajaran yang lebih bermakna dan menarik.

- 1) Kendala dan Minat Belajar. Empat butir pertanyaan diajukan untuk menggali persepsi siswa terhadap mata pelajaran Fisika. Mayoritas siswa berpendapat bahwa Fisika adalah pelajaran yang sulit dan membosankan karena harus menghafal banyak rumus dan penyampaian materinya terlalu teoritis. Siswa juga kesulitan memahami konsep-konsep abstrak tanpa adanya bantuan visual atau praktik. Hal ini mengindikasikan bahwa pendekatan pembelajaran konvensional yang diterapkan saat ini kurang efektif dalam meningkatkan minat dan pemahaman siswa.
- 2) Preferensi Metode Pembelajaran. Melalui empat butir pertanyaan, terungkap bahwa sebagian besar siswa menyukai metode belajar yang melibatkan praktikum, diskusi kelompok, dan pemanfaatan media visual seperti animasi dan video. Mereka merasa metode-metode ini lebih menarik dan membantu mereka mengonsepkan materi Fisika secara lebih konkret dibandingkan sekadar mendengarkan penjelasan guru.
- 3) Kemampuan Berpikir Kritis. Tiga butir

pertanyaan berfokus pada kemampuan berpikir kritis siswa. Hasilnya, sebagian besar siswa mengakui kesulitan dalam menganalisis dan mengevaluasi soal-soal Fisika, khususnya yang memerlukan penalaran tingkat tinggi. Kecenderungan mereka adalah menghafal rumus tanpa memahami secara mendalam kapan dan bagaimana rumus tersebut harus diaplikasikan. Ini menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran yang merangsang keterampilan berpikir kritis masih minim.

- 4) Pemanfaatan Teknologi Digital. Dari dua butir pertanyaan mengenai teknologi, siswa menjelaskan bahwa pemanfaatan teknologi di kelas sangat terbatas karena adanya pembatasan penggunaan ponsel oleh sekolah. Meskipun demikian, di luar lingkungan sekolah, beberapa siswa secara mandiri menggunakan ponsel mereka untuk mencari materi atau video pendukung dari internet (misalnya dari YouTube atau platform belajar lainnya).
- 5) Sumber Bahan Ajar dan Harapan. Lima butir pertanyaan terakhir mengonfirmasi bahwa buku cetak dan LKS merupakan sumber belajar utama yang digunakan guru. Siswa belum pernah menggunakan e-modul atau bahan ajar digital. Namun, mayoritas siswa menyatakan keinginan kuat untuk belajar menggunakan e-modul yang mudah diakses dan bersifat interaktif. Mereka secara spesifik berharap e-modul dilengkapi dengan simulasi sederhana, video, gambar, dan animasi agar pembelajaran menjadi lebih menarik, tidak membosankan, dan memudahkan pemahaman mereka terhadap materi yang sulit, terutama Termodinamika.

Hasil Observasi Pembelajaran di kelas

Observasi awal yang dilakukan terhadap proses pengajaran Fisika di kelas XI dan XII MAN 2 Tebo menghasilkan temuan umum mengenai pelaksanaan kegiatan belajar, pemanfaatan infrastruktur digital, bahan ajar yang dipakai, dan tingkat partisipasi siswa. Survei ini bertujuan untuk menetapkan kondisi lapangan yang sesungguhnya sebagai landasan utama dalam merencanakan pengembangan media pembelajaran yang lebih inovatif dan efektif.

- 1) Pembelajaran yang Berpusat pada Guru (*Teacher-Centered*). Pada aspek kegiatan belajar, observasi menemukan bahwa

proses pengajaran didominasi oleh satu model pembelajaran tunggal yang dipadukan dengan metode diskusi, ceramah, dan tanya jawab. Pola pengajaran masih berpusat pada guru, di mana tenaga pendidik menjadi sumber informasi utama, sedangkan keterlibatan siswa cenderung pasif. Kegiatan diskusi pun berlangsung terbatas, belum berhasil memicu interaksi aktif baik antarsiswa maupun antara siswa dengan guru. Hal ini jelas mengindikasikan bahwa proses belajar belum sepenuhnya *student-centered* dan gagal mendorong keterampilan kolaboratif maupun berpikir kritis siswa.

- 2) Keterbatasan Teknologi dan Praktikum Teoritis. Dari sisi infrastruktur, observasi menunjukkan minimnya ketersediaan perangkat teknologi pendukung. Proyektor dan komputer hanya tersedia dalam jumlah yang sangat terbatas, sehingga tidak dapat dimanfaatkan maksimal di seluruh kelas. Selain itu, Laboratorium Fisika belum berfungsi optimal untuk praktikum, menyebabkan pengajaran Fisika lebih banyak bersifat teoritis daripada eksperimental. Situasi ini menghambat upaya guru dalam menggunakan media digital seperti animasi, simulasi, atau video pembelajaran yang diperlukan untuk memperjelas konsep abstrak seperti Termodinamika.
- 3) Bahan Ajar Konvensional dan Kurang Variatif. Mengenai bahan ajar, hasil observasi menegaskan bahwa guru hanya mengandalkan Lembar Kerja Siswa (LKS) dan buku paket sebagai sumber belajar utama. Belum ada pemanfaatan e-modul interaktif atau bahan ajar digital dalam kegiatan belajar mengajar. Keterbatasan sumber ini berdampak negatif pada variasi materi yang disajikan dan mengurangi dukungan visualisasi yang sangat dibutuhkan siswa untuk memahami konsep Fisika secara lebih nyata (konkret).
- 4) Partisipasi Siswa yang Rendah. Pengamatan terhadap partisipasi dan sikap sosial siswa menunjukkan bahwa sebagian besar siswa belum aktif secara optimal. Mereka cenderung pasif, jarang bertanya, dan kurang terlibat dalam diskusi kelas. Rendahnya partisipasi ini mencerminkan bahwa strategi pembelajaran yang

digunakan belum berhasil membangun keterlibatan aktif siswa dan belum menciptakan iklim belajar yang kolaboratif.

Secara ringkas, observasi ini menyimpulkan bahwa pengajaran Fisika di MAN 2 Tebo menghadapi kendala fundamental, meliputi metode yang konvensional, infrastruktur teknologi yang minim, sumber belajar yang tidak beragam, dan rendahnya keaktifan siswa. Kondisi ini mempertegas kebutuhan mendesak untuk mengembangkan e-modul interaktif berbasis PjBL (*Project Based Learning*). Media ini diharapkan menjadi solusi untuk mendorong partisipasi aktif, memanfaatkan teknologi secara efektif, dan memfasilitasi pemahaman konsep Fisika yang kompleks dengan cara yang lebih menarik dan kontekstual.

Analisis Kebutuhan Guru Melalui Wawancara

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru Fisika di MAN 2 Tebo, diketahui bahwa guru belum pernah melakukan pengembangan bahan ajar secara mandiri. Selama ini, proses pembelajaran Fisika masih bergantung pada sumber belajar konvensional seperti buku teks guru, buku siswa, dan lembar kerja siswa (LKS) yang tersedia di perpustakaan sekolah. Ketergantungan ini berdampak pada keterbatasan variasi dan konteks penyajian materi. Selain itu, model pembelajaran yang diterapkan masih bersifat *teacher-centered*, dengan dominasi metode ceramah dan tanya jawab, sehingga partisipasi aktif siswa dalam proses pembelajaran menjadi terbatas (Siburian et al., 2022).

Guru menyatakan: “Saya biasanya hanya pakai buku teks dan LKS dari sekolah. Belum pernah membuat bahan ajar sendiri, apalagi e-modul.” Kondisi ini menghambat siswa dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis secara maksimal.

Guru mengakui bahwa materi termodinamika merupakan salah satu topik dalam fisika yang cukup sulit untuk dipahami. Kesulitan ini disebabkan oleh sifat konsep yang abstrak dan kurangnya keterkaitan langsung dengan pengalaman nyata siswa. Proses pembelajaran yang masih berfokus pada penyampaian teori tanpa disertai praktik atau visualisasi pendukung menjadi faktor utama rendahnya pemahaman siswa terhadap konsep-konsep tersebut (Sugiarti & Dwikoranto, 2021).

Di samping itu, keterbatasan fasilitas laboratorium fisika di sekolah turut menjadi hambatan dalam memberikan pengalaman eksperimen secara langsung, yang sebenarnya sangat penting dalam pembelajaran sains berbasis pengalaman.

Selain itu, guru belum familiar dengan sintaks dan implementasi *Project Based Learning* (PjBL). Guru menyebutkan:

“Saya tahu pembelajaran berbasis proyek, tapi belum paham cara membuat proyek dan menerapkannya di kelas fisika.”

Kondisi ini sejalan dengan temuan Kurniawan & Kuswandi (2021) yang menunjukkan bahwa rendahnya pemahaman guru terhadap sintaks PjBL menjadi penghambat penerapan model tersebut di kelas. Kurangnya kesiapan guru dalam merancang proyek dan memfasilitasi proses pembelajaran berbasis proyek menjadi salah satu faktor utama belum optimalnya penerapan model ini di kelas.

Salah satu kendala lain yang diungkapkan oleh guru adalah keterbatasan akses siswa terhadap teknologi. Sebagian siswa belum terbiasa menggunakan bahan ajar digital seperti e-modul, dan pembelajaran selama ini belum memanfaatkan teknologi secara optimal. Guru menyampaikan harapan akan tersedianya sumber belajar digital yang interaktif, ringan diakses melalui berbagai perangkat, serta dilengkapi dengan animasi, video pembelajaran, dan gambar ilustratif. Media digital interaktif terbukti mampu meningkatkan motivasi belajar dan pemahaman konsep, terutama bagi generasi digital-native (Ataizi & Donmez, 2020). Dalam hal ini, pengembangan e-modul berbasis PjBL menggunakan *Flip PDF Professional* dapat menjadi solusi inovatif dalam menyajikan materi fisika secara kontekstual, menarik, dan mudah diakses oleh siswa.

Situasi tersebut mencerminkan urgensi dalam penyediaan bahan ajar digital yang mampu mengakomodasi tuntutan pembelajaran fisika di era abad ke-21. Salah satu solusi potensial adalah pengembangan e-modul interaktif berbasis *Project Based Learning* (PjBL) yang tidak hanya meningkatkan mutu pembelajaran, tetapi juga mendorong pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa. Pendekatan PjBL menekankan keterlibatan aktif peserta didik dalam menyelesaikan proyek yang kontekstual, kolaboratif, dan berorientasi pada pemecahan

masalah nyata. Dalam hal ini, penggunaan aplikasi Flip PDF Professional memungkinkan integrasi konten pembelajaran secara menarik melalui kombinasi teks, animasi, video, dan elemen interaktif dalam satu platform digital yang mudah diakses (Kemendikbud, 2017).

Analisis Kebutuhan Peserta Didik Melalui Wawancara

Hasil wawancara dengan siswa kelas XI dan XII MAN 2 Tebo menunjukkan bahwa fisika dianggap sulit dan membingungkan oleh sebagian besar siswa. Hal ini disebabkan dominasi pendekatan teoritis, kurangnya konteks nyata, serta metode ceramah yang monoton.

Siswa menyampaikan: “Fisikanya susah, banyak rumus, dan sering cuma teori. Jadi cepat bosan.” Hal ini selaras dengan penelitian Fitriani et al. (2024) Siswa merasa kesulitan memahami banyaknya rumus yang harus dihafal dan merasa kurang tertarik terhadap materi yang disampaikan tanpa dukungan visual atau praktik langsung. Rendahnya variasi dalam strategi pembelajaran ini turut memengaruhi motivasi belajar siswa.

Secara khusus, konsep-konsep dalam materi termodinamika dinilai sangat abstrak dan kompleks, sehingga menyulitkan siswa dalam memahami dasar-dasar teorinya maupun penerapannya dalam menyelesaikan soal. Kurangnya pemanfaatan media visual dan keterbatasan fasilitas laboratorium memperparah ketidakpahaman siswa terhadap materi tersebut. Alhasil, siswa cenderung menyelesaikan soal secara mekanis tanpa benar-benar memahami konsep yang mendasarinya (Armansyah et al., 2019). Hal ini menunjukkan kurangnya penekanan pada pengembangan penalaran dan keterampilan berpikir tingkat tinggi dalam pembelajaran fisika.

Menariknya, siswa menunjukkan antusiasme tinggi saat terlibat dalam aktivitas berbasis proyek. Salah satu siswa mengungkapkan: “Waktu bikin panel surya sederhana, saya jadi lebih paham. Rasanya seru dan lebih mudah ngerti materinya.”

Lebih lanjut, peserta didik menyatakan bahwa pembelajaran yang melibatkan aktivitas praktikum, diskusi kelompok, serta penggunaan video dan simulasi interaktif lebih menarik dan bermakna. Salah satu pengalaman positif yang mereka ingat adalah ketika diminta untuk membuat panel surya sederhana, yang

memungkinkan mereka melihat langsung aplikasi konsep fisika dalam kehidupan nyata. Sayangnya, pengalaman berbasis proyek seperti ini masih jarang diterapkan dan belum menjadi bagian dari pendekatan pembelajaran rutin. Padahal, model Project Based Learning (PjBL) terbukti efektif dalam meningkatkan motivasi dan keterampilan berpikir kritis siswa (A. P. Sari et al., 2022)

Siswa juga mengeluhkan keterbatasan sumber belajar yang tersedia. Mereka hanya mengakses buku cetak dan LKS yang tidak dapat dipinjam untuk belajar di rumah, serta belum pernah menggunakan e-modul atau sumber belajar digital lainnya. Keinginan siswa terhadap e-modul yang interaktif dilengkapi dengan video, animasi, gambar, dan simulasi menunjukkan kebutuhan akan pembelajaran yang lebih fleksibel dan menyenangkan. Meskipun penggunaan smartphone dilarang di kelas, siswa mengaku sesekali diizinkan menggunakannya atas izin guru, namun penggunaannya masih belum diarahkan secara sistematis untuk mendukung pembelajaran fisika (Jannah et al., 2023).

Secara keseluruhan, kondisi ini menegaskan perlunya pengembangan sumber belajar digital yang kontekstual, fleksibel, dan interaktif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran fisika. Pengembangan e-modul berbasis Project Based Learning dengan dukungan Flip PDF Professional sangat relevan dalam menjawab kebutuhan tersebut. E-modul semacam ini tidak hanya dapat meningkatkan keterlibatan siswa, tetapi juga memberikan pengalaman belajar yang autentik, memperkuat pemahaman konsep, serta mendorong keterampilan berpikir kritis sesuai tuntutan Kurikulum Merdeka dan kompetensi abad ke-21 (Ariani, 2022).

Analisis Hasil Observasi Pembelajaran Fisika di Kelas

Berdasarkan hasil observasi di MAN 2 Tebo, ditemukan bahwa proses pembelajaran fisika masih menghadapi berbagai kendala, baik dari aspek pedagogis, infrastruktur, bahan ajar, maupun partisipasi peserta didik. Pendekatan pembelajaran yang digunakan guru cenderung monoton, didominasi oleh ceramah, tanya jawab, dan diskusi terbatas, tanpa model yang bervariasi. Meskipun diskusi diterapkan, prosesnya belum sepenuhnya mendorong siswa untuk aktif berpikir kritis atau mengembangkan gagasan secara mandiri. Hal ini menunjukkan

bahwa pembelajaran masih bersifat teacher-centered dan belum mendorong keterlibatan aktif siswa (Hasanah et al., 2023).

Dari sisi infrastruktur, sarana pembelajaran seperti komputer, proyektor, dan laboratorium fisika belum tersedia secara memadai. Keterbatasan ini menghambat penerapan media berbasis teknologi seperti video, simulasi digital, dan pembelajaran berbasis proyek, khususnya pada materi-materi abstrak seperti termodinamika. Temuan ini sejalan dengan Manurung & Zubir (2023) yang menekankan bahwa keterbatasan fasilitas merupakan hambatan utama dalam integrasi teknologi dalam pembelajaran.

Bahan ajar yang digunakan pun masih konvensional, berupa buku teks dan LKS yang tidak dilengkapi elemen interaktif atau visual. Belum tersedia e-modul atau sumber belajar digital yang dapat menyesuaikan gaya belajar siswa yang lebih visual dan multimodal. Menurut A. P. Sari et al. (2022), kehadiran bahan ajar interaktif sangat penting dalam menjembatani keterbatasan pemahaman siswa terhadap materi fisika yang kompleks.

Secara partisipatif, siswa tampak kurang aktif dalam pembelajaran. Mereka jarang bertanya, pasif saat diskusi, dan belum menunjukkan keberanian dalam mengemukakan pendapat. Sikap ini berkorelasi dengan metode pembelajaran yang belum memberi ruang pada aktivitas kolaboratif dan pemikiran tingkat tinggi (Melani et al., 2020).

Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran fisika di MAN 2 Tebo membutuhkan inovasi dalam penyajian materi dan media ajar. Salah satu solusi potensial adalah pengembangan e-modul interaktif berbasis Project Based Learning (PjBL) dengan dukungan *Flip PDF Professional*, yang memungkinkan integrasi media visual, animasi, dan simulasi guna mendukung pemahaman konsep serta penguatan kemampuan berpikir kritis siswa.

Berikut adalah ringkasan analisis kebutuhan guru dan siswa dalam bentuk tabel yang mengintegrasikan temuan utama dan implikasi pengembangan e-modul PjBL harus dipenuhi untuk perbaikan pembelajaran. Tabel analisis kebutuhan guru dan siswa dijelaskan pada tabel 1.

Tabel. 1 Analisis kebutuhan guru dan siswa

Aspek	Temuan Guru	Temuan Siswa	Implikasi Pengembangan E-Modul PjBL
Bahan Ajar	Bergantung pada buku teks & LKS konvensional	Tidak memiliki akses bahan ajar digital, hanya buku cetak	E-modul interaktif dapat memperluas akses sumber belajar
Model Pembelajaran	Dominan ceramah dan tanya jawab, belum menerapkan PjBL	Siswa merasa bosan dan pasif	PjBL dapat meningkatkan partisipasi dan keterlibatan siswa
Materi Termodinamika	Dianggap abstrak & sulit dijelaskan tanpa media	Sulit dipahami tanpa visualisasi atau praktik	E-modul dapat menghadirkan visualisasi & simulasi
Infrastruktur	Terbatas fasilitas laboratorium & teknologi	Terbatas akses teknologi di kelas	E-modul ringan diakses, bisa mendukung blended learning
Sikap dan Harapan	Guru ingin ada media digital interaktif	Siswa antusias terhadap pembelajaran berbasis proyek & visual	Pengembangan e-modul berbasis proyek mendukung kebutuhan keduanya

Temuan empiris memperkuat relevansi pendekatan Project Based Learning (PjBL) dalam pembelajaran fisika. Secara teoretis, PjBL berakar pada konstruktivisme yang menekankan peran aktif siswa dalam membangun pengetahuan melalui pengalaman langsung dan penyelesaian masalah kontekstual (Sumo et al., 2024). PjBL menciptakan lingkungan belajar di mana siswa melakukan penyelidikan kolaboratif dan membangun konsep secara mandiri sehingga meningkatkan keterampilan berpikir kreatif dan kritis. Dalam pembelajaran fisika, PjBL terbukti meningkatkan hasil belajar dan kemampuan representasi matematis siswa dibandingkan model tradisional (Roslina et al., 2022).

Ketika dikombinasikan dengan media pembelajaran digital seperti e-modul interaktif, PjBL memberikan pengalaman belajar multimodal yang lebih bermakna. Media digital yang mengintegrasikan teks, video, animasi, simulasi, dan kuis interaktif mampu meningkatkan retensi konsep dan keterlibatan siswa serta mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis dan *student agency* (Parwiti et al., 2024).

Dalam konteks Kurikulum Merdeka dan tuntutan abad ke-21, kombinasi PjBL dan media digital inovatif menjadi strategi efektif untuk pembelajaran fisika yang kontekstual, relevan, dan memberdayakan siswa sebagai agen pembelajaran mereka sendiri. Oleh karena itu,

pengembangan e-modul interaktif berbasis PjBL menggunakan Flip PDF Professional tidak hanya memenuhi kebutuhan praktis guru dan siswa, tetapi juga berlandaskan teori konstruktivisme dan penelitian empiris internasional terkini yang mendukung inovasi pembelajaran fisika (Setiawan, 2025).

4. KESIMPULAN

Pembelajaran fisika di MAN 2 Tebo saat ini masih menggunakan metode konvensional yang didominasi ceramah berpusat pada guru, sehingga siswa mengalami kesulitan dalam memahami materi, terutama topik termodinamika. Keterbatasan fasilitas laboratorium dan perangkat teknologi juga menjadi kendala dalam menciptakan pembelajaran yang interaktif dan bermakna. Oleh karena itu, pengembangan e-modul interaktif berbasis *Project Based Learning* (PjBL) yang dilengkapi dengan animasi, video, serta proyek kontekstual menjadi sangat penting untuk menunjang pemahaman konsep dan meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Selain itu, pelatihan bagi guru mengenai penerapan PjBL dan pengembangan bahan ajar digital sangat dibutuhkan, sementara pihak sekolah perlu meningkatkan fasilitas teknologi dan memperluas sumber belajar digital.

Penelitian ini hanya terbatas pada tahap analisis kebutuhan, sehingga disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan pada tahap pengembangan dan pengujian efektivitas e-

modul berbasis PjBL dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Penelitian selanjutnya juga dapat mengeksplorasi strategi pembelajaran lainnya serta peningkatan fasilitas pendukung untuk mewujudkan proses pembelajaran yang lebih optimal dan berkelanjutan. Evaluasi dampak jangka panjang terhadap motivasi dan hasil belajar siswa juga penting untuk melengkapi pemahaman terhadap implementasi model pembelajaran ini.

5. REFERENSI

- Abdussamad, Z. (2021). *Metode Penelitian Kualitatif*. CV. Syakir Media Press. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpj.2015.06.056>
- Ariani, D. R. (2022). Pengembangan E-Modul Berbasis Pjbl Pada Materi Laju Reaksi Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas XI MIPA SMA Berbentuk Aplikasi Android. *Pendidikan*, 549.
- Armansyah, F., Sulton, S., & Sulthoni, S. (2019). MULTIMEDIA INTERAKTIF SEBAGAI MEDIA VISUALISASI DASAR-DASAR ANIMASI. *Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan*. <https://doi.org/10.17977/um038v2i32019p224>
- Ataizi, M., & Donmez, M. (2020). Book Review: 21st Century Skills - Learning for Life in Our Times. *Contemporary Educational Technology*, 5(3). <https://doi.org/10.30935/cedtech/6129>
- Erin, A., Cahyani, M., Mayasari, T., & Sasono, M. (2020). Efektivitas E-Modul Project Based Learning Berintegrasi STEM Terhadap Kreativitas Siswa SMK. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 4(1), 15–22. <https://doi.org/10.20527/jipf.v4i1.1774>
- Fitriani, I., Hidayat, S., & Genisa, M. U. (2024). Analisis Kebutuhan Pengembangan e-Modul Ajar Berbasis PjBL Terintegrasi Etnoekologi untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif Materi Perubahan Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)*, 4(2), 721–732. <https://doi.org/10.53299/jppi.v4i2.582>
- Hasanah, M., Supeno, & Wahyuni, D. (2023). Pengembangan E-Modul Berbasis Flip Pdf Professional untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa pada Pembelajaran IPA. *Tarbiyah Wa Ta'lim: Jurnal Penelitian Pendidikan Dan Pembelajaran*, 10(1), 44–58.
- Jannah, A. W., Wahyuni, S., & Rusdianto. (2023). Pengembangan E-Book Ipa Berbasis Flip Pdf Professional Untuk Meningkatkan Kemampuan Scientific Explanation Siswa Smp. *Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 10(1), 259–275.
- Kemendikbud. (2017). Panduan Implementasi Kecakapan Abad 21 Kurikulum 2013 di SMA. *Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan*.
- Kurniawan, C., & Kuswandi, D. (2021). Pengembangan E-Modul Sebagai Media Literasi Digital Pada Pembelajaran Abad 21 - Citra Kurniawan, Dedi Kuswandi - Google Books. In *Academia Publication*.
- Maghfiro, S. H., Djoko Lesmono, A., & Prihandono, T. (2024). Pengembangan LKPD Berbasis Discovery Learning Pada Materi Hukum Termodinamika Untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Literasi Pendidikan Fisika*, 5(1), 89–95. <http://jurnal.fkip.unmul.ac.id/index.php/JLPF>
- Manurung, A. J., & Zubir, M. (2023). PENGEMBANGAN E-MODUL PEMBELAJARAN KIMIA BERBASIS MASALAH TERINTEGRASI STEM PADA MATERI LARUTAN PENYANGGA. *Jurnal Pendidikan Sosial Dan Humaniora*, 2(2), 883–891.
- Melani, D., Chania, P., Medriati, R., & Mayub, A. (2020). PENGEMBANGAN BAHAN AJAR FISIKA MELALUI PENDEKATAN STEM BERORIENTASI HOTS PADA MATERI USAHA DAN ENERGI. *Jurnal Kumparan Fisika*, 3(2), 109–120.
- Moleong, L. J. (2002). *Metodologi Penelitian Kualitatif*. PT Remaja Rosdakarya.
- Najuah, Lukiyo, P. S., & Wirianti, W. (2020). *Modul Elektronik: Prosedur Penyusunan dan Aplikasinya*. Yayasan Kita Menulis.
- Parwiti, E., Siregar, T., & Albaiti, A. (2024). Development of Stem-Based Thermodynamics E-Modules Integrated With Problem Solving To Improve Critical Thinking Skills and Learning Outcomes. *Jurnal Ilmu Pendidikan Indonesia*, 12(3), 146–158. <https://doi.org/10.31957/jipi.v12i3.4058>
- Pramiswari, E. D., Suwandayani, B. I., &

- Deviana, T. (2023). Analisis Kebutuhan Modul Ajar Dalam Implementasi Kurikulum Merdeka Kelas 2 Sd Muhammadiyah 03 Assalaam. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 08(03), 23–39.
- Raharjo, M. W. C., Suryati, S., & Khery, Y. (2017). PENGEMBANGAN E-MODUL INTERAKTIF MENGGUNAKAN ADOBE FLASH PADA MATERI IKATAN KIMIA UNTUK MENDORONG LITERASI SAINS SISWA. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 5(1). <https://doi.org/10.33394/hjkk.v5i1.102>
- Roslina, R., Samsudin, A., & Liliawati, W. (2022). Effectiveness of Project Based Learning Integrated STEM in Physics Education (STEM-PJBL): Systematic Literature Review (SLR). *Phenomenon : Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(1). <https://doi.org/10.21580/phen.2022.12.1.11722>
- Sari, A. P., Wahyuni, S., & Budiarmo, A. S. (2022). Pengembangan E-Modul Berbasis Blended Learning Pada Materi Pesawat Sederhana Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Smp. *Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 8(1), 10–18.
- Sari, P., Hadiarti, D., & Kurniasih, D. (2024). Development of an E-Handbook Based on Research on the Medicinal Plant *Premna serratifolia* as The Natural Resources of West Kalimantan for High School Students. *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian Dan Kajian Kepustakaan Di Bidang Pendidikan, Pengajaran Dan Pembelajaran*, 10(3), 1134. <https://doi.org/10.33394/jk.v10i3.12306>
- Setiawan, T. (2025). Jurnal Pendidikan Fisika Development of Project-Based Learning Materials for Basic Physics to Enhance Students ' Critical Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 13(3), 345–362. <https://doi.org/10.26618/kmbtb222>
- Siburian, V. F., Putri, D. H., & Medriati, R. (2022). Pengembangan E-Modul Materi Fluida Dinamis Berbantuan Flip Pdf Professional Untuk Melatihkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Jurnal Ilmu Pembelajaran Fisika*, 1(20), 192–201.
- Sugiarti, M. I., & Dwikoranto, D. (2021). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Melalui Pembelajaran Blended Inquiry Learning Berbantuan Schoology Pada Pembelajaran Fisika: Literature Review. *Quantum: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 12(1). <https://doi.org/10.20527/quantum.v12i1.10262>
- Sumo, M., Jatmiko, B., Supardi, Z. A. I., & Sueharto, S. (2024). Validity And Practicality of The Scientific Creativity Project-Based Learning (SCPjBL) Model to Increase The Scientific Creativity of Physics Education Undergraduate Students. *IJORER : International Journal of Recent Educational Research*, 5(6), 1353–1366. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v5i6.701>
- Wandari, W., Nursamsu, N., & Wahyuni, A. (2024). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Biologi Dengan Menggunakan Model PjBL Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics). *Biodik*, 10(4), 743–754. <https://doi.org/10.22437/biodik.v10i4.38431>
- Wulandari, C. Y., & Sulistyowati, R. (2022). Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis Flip Pdf Professional Mata Pelajaran Produk Kreatif dan Kewirausahaan di Sekolah Menengah Kejuruan. *EDUKATIF : JURNAL ILMU PENDIDIKAN*, 4(3). <https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i3.3027>
- Zubaidah, S. (2019). *Mengenal 4c: Learning And Innovation Skills Untuk Menghadapi Era Revolusi Industri 4.0*. April, 0–18.