

# Uji Kepraktisan Pengembangan Bahan Ajar Fisika Berbentuk E-Modul berbasis TPACK dan PhET Simulation dalam Meningkatkan Literasi Digital Siswa SMA/MA di Kota Banda Aceh

Fitriyawany

UIN Ar-Raniry Banda Aceh

[fitriyawany@ar-raniry.ac.id](mailto:fitriyawany@ar-raniry.ac.id)

## Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kepraktisan pengembangan bahan ajar Fisika berbentuk e-modul berbasis TPACK dan PhET Simulation dalam meningkatkan literasi Digital siswa SMA/MA di Banda Aceh. Penelitian ini merupakan lanjutan penelitian Research & Development yang telah dikembangkan sebelumnya setelah dilakukan uji kelayakan dan uji coba dalam skala kecil. Instrumen penilaian kepraktisan e-modul telah diselesaikan dengan melakukan beberapa tahapan revisi produk sehingga e-modul yang dikembangkan praktis digunakan dalam pembelajaran. Instrumen penilaian kepraktisan terdiri dari angket respon guru dan angket respon siswa. Penelitian dilakukan dengan melibatkan 30 orang siswa dan 10 orang guru fisika SMA/MA di Kota Banda Aceh. Instrumen kepraktisan yang digunakan terdiri dari enam indikator: (1) tampilan menarik, (2) kesesuaian isi dengan indikator pembelajaran, (3) kemudahan penggunaan link aplikasi/media, (4) kemudahan pemahaman isi, (5) keruntutan materi, dan (6) peningkatan literasi digital dan etika digital. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan teknik pengumpulan data melalui angket. Hasil menunjukkan bahwa e-modul memenuhi kriteria sangat praktis dengan rata-rata skor kepraktisan dari guru sebesar 87,20% dan dari Siswa sebesar 87,50%. E-modul ini terbukti mudah digunakan, relevan dengan konten kurikulum, serta mampu mendukung peningkatan literasi digital siswa dalam pembelajaran Fisika SMA/MA di Kota Banda Aceh.

**Keywords:** e-modul, TPACK, PhET Simulation, uji kepraktisan, literasi digital, pembelajaran fisika SMA/MA di Kota Banda Aceh.

## 1. Introduction

Perkembangan teknologi informasi, komunikasi dan Kecerdasan Buatan yang pesat telah mendorong transformasi signifikan dalam proses pembelajaran khususnya dalam pembelajaran fisika di tingkat SMA/MA. Di tengah tuntutan Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0, keterampilan digital bukan lagi sekadar pelengkap, melainkan menjadi kompetensi esensial bagi Siswa yang mampu beradaptasi, berinovasi, dan bersaing secara global (Zuhri et al., 2024; Suminar et al., 2024; Hasmar & Ismail, 2024). Tantangan pendidikan abad ke-21 menuntut Siswa memiliki kompetensi literasi digital yang kuat, termasuk kemampuan untuk mengakses, mengevaluasi, dan menggunakan informasi berbasis digital secara efektif dan bertanggung jawab. Dalam konteks ini, literasi digital menjadi salah satu elemen kunci yang perlu ditanamkan secara sistematis dan terstruktur, terutama melalui integrasi teknologi dalam proses pembelajaran di sekolah (Fuadiah, 2021; Sugiarto et al., 2024; Alfaridzi, 2024) Di Kota Banda

Aceh, Gerakan literasi digital yang berkarakter di Sekolah Menengah Atas secara umum mulai diintegrasikan meski belum efektif sehingga perlu pengembangan media pembelajaran berbasis Teknologi dan laboratorium Virtual yang bisa diakses secara online dan offline (Fitriyawany et al., 2023; Lailatussaadah et al., 2020). Hal ini menjadi perhatian serius, mengingat rendahnya literasi digital dapat menghambat efektivitas pembelajaran berbasis teknologi serta menurunkan kualitas pemahaman konsep, khususnya dalam mata pelajaran eksakta seperti fisika. Mata pelajaran Fisika, yang dikenal sebagai disiplin ilmu dengan tingkat abstraksi dan kompleksitas tinggi membutuhkan pendekatan pedagogis yang mampu menjembatani konsep-konsep teoritis dengan representasi nyata.

Dalam konteks inilah, kerangka kerja *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) menjadi landasan penting dalam pengembangan bahan ajar. TPACK menekankan pentingnya keterpaduan antara penguasaan materi (*content*), strategi pedagogis (*pedagogical knowledge*), dan pemanfaatan teknologi (*technological knowledge*) dalam mendesain pembelajaran (Eloho Ifinedo, 2021; Lailatussaadah et al., 2023). Melalui pendekatan ini, guru diharapkan tidak hanya menyampaikan materi fisika secara konvensional, melainkan mampu merancang proses pembelajaran yang adaptif dan relevan dengan karakteristik generasi digital.

Pembelajaran fisika dikenal kompleks karena banyaknya konsep abstrak yang sulit dipahami siswa tanpa dukungan media visualisasi dan eksplorasi langsung membutuhkan pendekatan pedagogis yang mampu menjembatani konsep-konsep teoritis dengan representasi nyata. Oleh karena itu, pemanfaatan media interaktif seperti PhET Simulation menjadi sangat relevan. PhET (Physics Education Technology) merupakan media simulasi berbasis komputer yang memungkinkan siswa melakukan eksperimen virtual, mengeksplorasi konsep fisika, serta membangun pemahaman melalui pendekatan konstruktivis (Hikmawati, 2019). Simulasi ini memungkinkan siswa untuk melakukan eksplorasi konsep-konsep fisika secara visual dan interaktif, sehingga dapat mendorong pembelajaran yang lebih bermakna.

Namun demikian, efektivitas media seperti PhET sangat ditentukan oleh bagaimana guru merancang, mengintegrasikan, dan mengimplementasikannya dalam proses pembelajaran. Di sinilah pentingnya kerangka *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK), yang menekankan keseimbangan antara pengetahuan konten, pedagogi, dan teknologi dalam mendesain pembelajaran digital. Dalam hal ini, pengembangan bahan ajar berbentuk e-modul berbasis TPACK yang terintegrasi dengan PhET Simulation diharapkan tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep Fisika, tetapi juga memperkuat literasi digital siswa.

Namun, pemanfaatan media ini belum optimal, terutama karena keterbatasan desain bahan ajar yang mampu mengintegrasikan simulasi tersebut secara sistematis dalam pembelajaran (Fitriyawany et al., 2023; Natalia et al., 2021) Selain itu, keterbatasan fasilitas laboratorium dan dominasi metode pembelajaran konvensional masih menjadi hambatan dalam meningkatkan kualitas pembelajaran fisika. Kondisi ini berdampak pada rendahnya minat belajar dan literasi digital siswa (Fitriyawany et al., 2022). Di era digital ini, integrasi teknologi dalam proses pembelajaran bukan lagi pilihan, melainkan kebutuhan yang mendesak.

Salah satu alternatif inovatif adalah pengembangan e-modul berbasis TPACK yang mengintegrasikan PhET Simulation. E-modul sebagai bentuk bahan ajar digital memungkinkan fleksibilitas dalam akses, pembaruan konten, serta interaktivitas yang tinggi. Selain itu, integrasi PhET dalam e-modul diyakini dapat meningkatkan minat belajar, memperdalam pemahaman konsep, dan pada saat yang sama mendorong peningkatan literasi digital siswa.

Namun, pengembangan dan implementasi e-modul ini tidak lepas dari berbagai tantangan, hambatan, dan kendala. Tantangan utama mencakup kesiapan guru dalam

memahami dan mengimplementasikan pendekatan TPACK secara efektif, serta keterbatasan kompetensi digital di kalangan pendidik. Hambatan lain yang kerap dijumpai meliputi keterbatasan infrastruktur teknologi di sekolah, akses perangkat digital yang tidak merata di kalangan siswa, serta konektivitas internet yang masih belum stabil di beberapa wilayah. Di sisi lain, kendala dari aspek psikopedagogis seperti resistensi siswa terhadap model pembelajaran baru, atau kesenjangan dalam keterampilan digital dasar, turut menjadi faktor penghambat keberhasilan implementasi bahan ajar berbasis teknologi ini.

Di Banda Aceh, berbagai studi sebelumnya menunjukkan bahwa meskipun infrastruktur digital telah tersedia secara relatif merata, tingkat literasi digital siswa SMA/MA masih tergolong sedang hingga rendah, terutama dalam aspek penggunaan teknologi secara kritis, kolaboratif, dan produktif dalam konteks pembelajaran. Oleh karena itu, dibutuhkan upaya strategis melalui pengembangan bahan ajar yang tidak hanya adaptif terhadap perkembangan teknologi, tetapi juga praktis dalam penerapannya di ruang kelas.

Uji Kepraktisan Pengembangan e-modul pembelajaran berbasis TPACK dan PhET Simulation ini merupakan penelitian lanjutan yang dikembangkan oleh peneliti terhadap penerapan e-modul dalam skala besar pada siswa SMA/MA di Kota Banda Aceh (Fitriawany et al., 2023). Hasil awal penelitian menunjukkan bahwa e-modul berbasis TPACK dan PhET Simulation pada materi Listrik dinamis memperoleh skor kelayakan sebesar 88,75% penilaian ahli Media dan 88,76% penilaian ahli materi sehingga dikategorikan sangat layak digunakan dan dapat diaplikasikan dalam skala besar. Dalam skala besar uji kepraktisan penelitian ini peneliti ingin memperoleh gambaran pengujian kepraktisan penggunaan e-modul berbasis TPACK dan PhET Simulation dalam meningkatkan literasi digital siswa SMA/MA di Kota Banda Aceh.

## 2. Results Literature Review

Kajian penelitian pengembangan e-modul pembelajaran berbasis TPACK dan PhET simulation selama ini hanya terbatas pada pengujian validasi atau kelayakan. Sehingga perlu Kajian lanjutan mengenai uji kepraktisan dalam penggunaan e-modul yang dikembangkan. Alwi et al. (2020) menyatakan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan perlu dilakukan pengujian kepraktisan. Kepraktisan berkaitan dengan kebergunaan dengan mempertimbangkan indikator sesuai dengan tujuan pengembangan media pembelajaran tersebut baik dari segi kemudahan penggunaan, kemenarikan, kebahasaan, penumbuhan minat, peningkatan literasi, karakter dan etika.

Kajian tentang pengujian kepraktisan e-modul berbasis TPACK yang dilakukan oleh Budiarti et al (2021) mendeskripsikan hasil pengujian dan analisis data kepraktisan modul diperoleh dari tanggapan mahasiswa dan dosen melalui instrumen angket yang telah dibagikan. Instrumen yang digunakan untuk mengukur kepraktisan tersebut sebelumnya telah divalidasi oleh para ahli dengan menerapkan tiga indikator penilaian yang terdiri dari kemudahan penggunaan, ketertarikan, dan penggunaa Bahasa. Kepraktisan perangkat pembelajaran ditunjukkan melalui persentase respons dosen sebesar 83% dan rata-rata respons mahasiswa sebesar 89%, sehingga modul ini dinyatakan memenuhi kriteria kepraktisan.

Kajian tentang pengujian kepraktisan e-modul berbasis TPACK yang dilakukan oleh Afifah et al (2023) mendeskripsikan hasil pengujian kepraktisan bahan ajar e-modul berbasis

PhET Simulation diperoleh dari tanggapan guru dan siswa melalui dua indikator penilaian yaitu indikator kebermanfaatan dan ketertarikan terhadap e-modul yang dikembangkan. Kepraktisan e-modul yang dikembangkan. Berdasarkan analisis lembar respon peserta didik, diperoleh rata-rata persentase sebesar 89,19 % yang tergolong dalam kategori sangat praktis.

Kajian yang dilakukan oleh Ernawati & Susanti (2021) terhadap pengujian kepraktisan pengembangan e-modul berbasis PhET Simulation dengan indikator penilaian berupa kemudahan dalam penggunaan aplikasi, kemenarikan tampilan baik video maupun gambar, kejelasan peta konsep, dan bahasa. Sejalan dengan kajian yang dilakukan oleh (Alfani et al, 2022) berdasarkan hasil uji respon siswa mencakup lima aspek, yaitu materi, TPACK, tampilan, manfaat, dan bahasa. Berdasarkan hasil uji coba oleh guru fisika, diperoleh rata-rata persentase skor sebesar 96,58%. Hasil ini menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan dinilai sangat sangat praktis untuk digunakan dalam pembelajaran fisika di tingkat SMA.

### 3. Methods

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk mendeskripsikan hasil uji kepraktisan pengembangan bahan ajar e-modul yang diterapkan dalam pembelajaran fisika SMA/MA pada materi Listrik dinamis. Instrumen yang digunakan adalah angket kepraktisan bahan ajar yang terdiri dari enam indikator:

1. Tampilan majalah menarik untuk dibaca.
2. Isi sesuai dengan indikator pembelajaran.
3. Kemudahan penggunaan link aplikasi dan media dalam e-Modul.
4. Isi majalah mudah dipahami.
5. Keruntutan pembahasan materi sesuai dengan konten pembelajaran.
6. Meningkatkan kemampuan literasi teknologi.

Untuk angket respon siswa terdapat (34) pernyataan dari enam (6) indikator tentang kepraktisan penggunaan majalah yang disebar kepada 30 orang siswa. Instrument pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri dari lembar instrument penilaian kepraktisan berupa lembar angket respon guru dan siswa selama proses penerapan e-modul di kelas. Penerapan e-modul adalah siswa kelas XI di SMA/MA di Banda Aceh berjumlah 30 orang dan guru Fisika SMA/MA sebanyak 10 orang. Nilai kriteria kepraktisan dapat dilihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Kriteria Kelayakan Media Pembelajaran

Persentasi	Interpretasi
$85,00\% \leq V_p \leq 100\%$	Sangat Praktis
$70\% \leq V_p \leq 85\%$	Praktis
$50\% \leq V_p \leq 70\%$	Kurang Praktis
$01\% \leq V_p \leq 50\%$	Tidak Praktis

(Sugiyono, 2014)

### 4. Results

Uji Kepraktisan e-modul dilakukan untuk mengetahui kemudahan penggunaan dan keterpahaman isi dan ketersediaan fitur-fitur yang mendukung tujuan pengembangan media pembelajaran di kelas. Pengembangan e-modul ini untuk melihat sejauh mana kepraktisan e-modul dalam meningkatkan literasi digital siswa yang dikembangkan terdiri dari enam indikator penilaian diatas. Berikut ini merupakan hasil pengujian kepraktisan berdasarkan respon guru dan siswa selama penerapan e-modul di kelas.

### a. Uji Kepraktisan Bahan Ajar Berdasarkan Respon Guru

Penilaian kepraktisan berdasarkan jawaban angket respon terhadap 10 orang guru dapat dilihat pada tabel 1.2 sebagai berikut.

**Table 1.2.** Penilaian Kepraktisan Bahan Ajar Berdasarkan Hasil Angket Respon Guru

No	Indikator Kepraktisan	Penilaian	
		Persentase	Keterangan
1	Kepraktisan Tampilan	88,25 %	Sangat Praktis
2	Kesesuaian Indikator Pembelajaran	86,75 %	Sangat Praktis
3	Kemudahan Penggunaan Aplikasi	85,45 %	Sangat Praktis
4	Kemudahan Memahami Isi/Konten	85 %	Praktis
5	Keruntutan Materi	89,27 %	Sangat Praktis
6	Meningkatkan Kemampuan Literasi Digital	88,5 %	Sangat Praktis
Total nilai rata-rata		<b>87,20 %</b>	<b>Sangat Praktis</b>

(data diolah tahun 2025)

Tabel 1.2 Menunjukkan bahwa berdasarkan uji angket respon guru terhadap penggunaan e-modul dengan hasil penilaian kepraktisan bahan ajar dalam katagori sangat praktis (87,20%) digunakan dalam pembelajaran Fisika SMA/Ma. Guru memberikan respon tertinggi pada indikator keruntutan materi (89,27 %) menunjukkan bahwa struktur penyajian materi dalam e-modul telah sesuai dengan alur pembelajaran yang logis dan sistematis. Indikator “Meningkatkan Literasi Digital” juga menunjukkan hasil yang tinggi (88,50%), menegaskan bahwa integrasi TPACK dan simulasi PhET berhasil memberikan dampak positif dalam penggunaan teknologi oleh siswa. Sementara itu, indikator dengan nilai terendah adalah “Kemudahan Memahami Isi/Konten” dengan persentase 85%, namun tetap berada dalam kategori “Praktis”. Hal ini dapat dijadikan pertimbangan dalam perbaikan selanjutnya, seperti dengan menambahkan contoh konkret, visualisasi tambahan, atau penjelasan dalam bahasa yang lebih sederhana.

### b. Uji Kepraktisan Bahan Ajar Berdasarkan Respon Siswa

Penilaian kepraktisan berdasarkan jawaban angket respon terhadap 30 orang siswa dapat dilihat pada tabel 1.2 sebagai berikut.

**Table 1.3.** Penilaian Kepraktisan Bahan Ajar Berdasarkan Hasil Angket Respon Siswa

No	Indikator Kepraktisan	Penilaian	
		Persentase	Keterangan
1	Kemenarikan Tampilan	88,45 %	Sangat Praktis
2	Kemudahan Memahami Isi/Konten	87,50 %	Sangat Praktis
3	Kemudahan Penggunaan Aplikasi	85,25 %	Sangat Praktis
4	Keruntutan Materi	87,75 %	Sangat Praktis
5	Meningkatkan Kemampuan Literasi Digital	88,60 %	Sangat Praktis
6	Etika Digital	87,47 %	Sangat Praktis
Total nilai rata-rata		<b>87,50 %</b>	<b>Sangat Praktis</b>

(data diolah tahun 2025)

Tabel 1.3 menunjukkan bahwa secara keseluruhan hasil penilaian kepraktisan bahan ajar menunjukkan bahwa penggunaan e-modul berdasarkan respon siswa termasuk dalam katagori sangat praktis (87,50 %). Rincian data hasil penilaian kepraktisan menunjukkan bahwa penilaian bahan ajar yang dirancang dapat meningkatkan kemampuan literasi teknologi (88,60 %). Nilai tertinggi diperoleh pada indikator “Meningkatkan Kemampuan Literasi Digital” menegaskan bahwa e-modul ini tidak hanya berperan sebagai media pembelajaran, tetapi juga sebagai sarana peningkatan kompetensi digital siswa. Penambahan indikator “Etika Digital” menunjukkan bahwa e-modul tidak hanya fokus pada aspek kognitif dan teknis, namun juga memperhatikan aspek afektif dalam pemanfaatan teknologi informasi. Skor pada indikator ini (87,47%) memperlihatkan bahwa e-modul turut membentuk kesadaran siswa terhadap penggunaan teknologi secara bertanggung jawab. Indikator “Kemenarikan Tampilan” memperoleh skor 88,45%, yang mencerminkan bahwa desain antarmuka e-modul disukai oleh pengguna dan mampu meningkatkan motivasi belajar. Sedangkan skor terendah, yaitu pada “Kemudahan Penggunaan Aplikasi dan Media” (85,25%), tetap berada dalam rentang yang tinggi, namun mengindikasikan perlunya perbaikan minor dalam navigasi atau aksesibilitas.

## 5. Discussion

Pengembangan bahan ajar Fisika dalam bentuk e-modul yang mengintegrasikan pendekatan TPACK dan simulasi PhET mampu meningkatkan minat serta respons siswa terhadap pembelajaran Fisika di kelas. Selama proses pembelajaran, setiap siswa memperoleh peluang untuk memanfaatkan teknologi digital, memilah informasi, serta mengakses materi secara mandiri. Penyusunan e-modul berbasis majalah digital yang dilengkapi dengan tautan ke media pembelajaran dan laboratorium PhET Simulation membantu siswa dalam memahami konsep-konsep abstrak (Nurmayuli, 2023; Yasmin et al., 2024) Pendekatan TPACK yang diterapkan dalam pengembangan e-modul ini terbukti efektif dalam menciptakan pengalaman belajar yang efisien dan relevan dengan kebutuhan di era digital. Siswa tidak hanya terbatas pada sumber dari media pembelajaran dalam e-modul, tetapi juga terdorong untuk mengeksplorasi informasi lebih luas melalui media sosial dan situs web lainnya, dengan tetap mempertimbangkan etika dan kebijaksanaan dalam mengakses informasi.

Guru dan siswa memberikan tanggapan terhadap penggunaan e-modul dengan memberikan respon positif terhadap desain visual e-modul yang cukup menarik dan mendorong minat baca. Tampilan yang interaktif dan modern dapat meningkatkan ketertarikan siswa terhadap materi fisika hal ini menunjukkan bahwa estetika dan tata letak memainkan peran penting dalam daya tarik bahan ajar dalam meningkatkan minat dan literasi digital siswa. Selain itu baik guru maupun siswa menganggap isi modul yang mudah dipahami, menunjukkan keberhasilan e-modul dalam menyederhanakan konsep-konsep fisika yang kompleks melalui penjelasan terstruktur dan integrasi media simulasi, konten dalam e-modul telah disusun sesuai dengan capaian pembelajaran yang diharapkan di kurikulum, struktur dan urutan materi dalam e-modul dianggap logis dan sistematis. Hal ini mendukung efektivitas proses pembelajaran mandiri maupun terbimbing mengindikasikan bahwa bahasa yang digunakan sesuai dengan tingkat kemampuan siswa dan mampu menjelaskan konsep-konsep fisika secara jelas (Meutiawati, 2024; Zulyani et al., 2024). Ada beberapa hambatan dalam penggunaan e-modul ini adalah kemudahan akses terhadap link PhET dan Media lainnya yang disediakan dalam modul disebabkan oleh variasi perangkat dan koneksi internet siswa yang memengaruhi kelancaran akses simulasi online. Penambahan akses link media pembelajaran yang lebih luas dalam modul ini menunjukkan masih terdapat ruang perbaikan dalam integrasi fitur interaktif agar lebih intuitif digunakan oleh siswa.

Hasil penelitian ini sejalan dengan Simamora & Asri (2024), Lastris (2023), Budiarti et al (2021) menyatakan bahwa kemudahan navigasi melalui tautan, kemudahan penggunaan dengan tampilan visual yang menarik minat belajar siswa untuk belajar secara mandiri dalam meningkatkan literasi digital. Kepraktisan dapat ditinjau dari hasil keterlaksanaan penggunaan media pembelajaran berbasis digital dengan berbagai kemudahan penggunaan link media dan platform dalam mengakses informasi yang mendukung pengembangan kemampuan literasi digital siswa.

Secara keseluruhan, kepraktisan bahan ajar dinyatakan tinggi, yang berarti e-modul praktis digunakan dalam proses pembelajaran fisika di SMA/MA di Banda Aceh. Hal ini juga menandakan bahwa pendekatan TPACK yang menggabungkan konten, pedagogi, dan teknologi dipadukan dengan penggunaan laboratorium virtual PhET Simulation mampu menciptakan pengalaman belajar yang bermakna dan relevan di era digital (Hardanti et al., 2024; Siska, Juliani, 2022; Alfani T Widda et al, 2022).

## 6. Conclusion

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa e-modul fisika berbasis TPACK dan simulasi PhET sangat praktis untuk digunakan dalam pembelajaran di tingkat SMA/MA. Bahan ajar ini tidak hanya relevan secara isi dan menarik secara tampilan, tetapi juga mendukung perkembangan literasi digital siswa. Berdasarkan hasil uji kepraktisan terhadap e-modul fisika berbasis TPACK dan simulasi PhET yang telah dikembangkan, diperoleh nilai rata-rata keseluruhan sebesar 87,50% yang berada dalam kategori "Sangat Praktis". Seluruh enam indikator kepraktisan, yakni kemenarikan tampilan, kemudahan memahami isi/konten, kemudahan penggunaan aplikasi dan media, keruntutan materi, peningkatan literasi digital, serta etika digital memperoleh skor di atas 85%, menunjukkan bahwa e-modul ini tidak hanya efektif secara pedagogis dan konten, tetapi juga mendukung integrasi teknologi dan penguatan karakter digital siswa. E-modul ini dinilai mudah digunakan, menarik secara visual, memiliki isi yang sesuai dengan tujuan pembelajaran, serta mampu

meningkatkan literasi dan etika digital siswa. Oleh karena itu, e-modul fisika berbasis TPACK dan simulasi PhET sangat layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran di tingkat SMA/MA sebagai salah satu alternatif solusi yang inovatif dalam pembelajaran.

## REFERENCES

- Afifah, D. N., Ratu, N., & Pratama, F. W. (2023). Pengembangan E-Modul Otan Berbantu PhET Simulation Berbasis Flipbook Maker pada Materi Operasi Hitung Pecahan. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 12(1), 1018. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v12i1.6629>
- Alfani. (2022). *Pengembangan E-Modul Berbasis Tpack Pada Materi Gelombang SMA Kelas XI. November 2024.*
- Alwi, Z., Ernalida, E., & Lidyawati, Y. (2020). Kepraktisan Bahan Ajar Perencanaan Pembelajaran Berbasis Pendidikan Karakter dan Saintifik. *Fon: Jurnal Pendidikan Bahasa Dan Sastra Indonesia*, 16(1), 10. <https://doi.org/10.25134/fjpbsi.v16i1.2312>
- Budiarti, M. indah eka, Faozun, I., Nalle, C. Y. A., & Yulianingsih, L. (2021). PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS Technological, Pedagogical, and Content Knowlodge (TPACK). *JPB: Jurnal Patria Bahari*, 1(2), 58–68. <https://doi.org/10.54017/jpb.v1i2.23>
- Eloho Ifinedo, J. R. (2021). TPACK and Educational Interactions-Pillars of Successful Technology Integration. *Environmental Modelling and Software*, 144(2), 105134.
- Ernawati, T., & Susanti, S. (2021). E-Modul IPA 2 untuk Pembelajaran Mandiri di Masa Pandemi Covid-19 [Science Module 2 for Independent Learning During the Covid-19 Pandemic]. *KoPeN: Konferensi Pendidikan Nasional*, 3(1), 107–114.
- Fitriyawany, F., Lailatussaadah, L., & Mutiawati, I. (2022). Integrating Islamic Values into Science Learning in Indonesian Islamic Higher Education: Expectation and Implementation. *Tadris: Jurnal Keguruan Dan Ilmu Tarbiyah*, 7(1), 119–132. <https://doi.org/10.24042/tadris.v7i1.10802>
- Fitriyawany, Meutiawati, I., & Rizky, H. (2023). *Pengembangan E-Modul Pembelajaran IPA Berbasis TPACK dan Phet Simulation Sebagai Alternatif Bahan Ajar Masa. 12(4)*, 1189–1200.
- Fuadiah, N. F. (2021). Intelegensi Literasi Digital dalam Pembelajaran. *Prosiding Seminar Nasional PGRI Provinsi Sumatra Selatan Dan Universitas PGRI Palembang, November*, 62–66.
- Hardanti, P., Murtinugraha, R. E., & Arthur, R. (2024). Studi Literatur: Pemanfaatan Pendekatan TPACK (Technological, Pedagogical, And Content Knowledge) pada Pengembangan E-Modul Pembelajaran. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 1(3), 11. <https://doi.org/10.47134/jtp.v1i3.307>
- Hasmar, & Ismail, I. (2024). Menggali Peran Filsafat Pendidikan Dalam Membentuk Pemikiran Kritis Di Era Teknologi. *JUPEIS: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Sosial*, 3(1), 27–34. <https://doi.org/10.57218/jupeis.vol3.iss1.969>

- Hikmawati. (2019). Pengenalan Phet Simulations Sebagai Laboratorium Virtual Untuk Membantu Pemahaman Konsep Fisika Pada Peserta Didik SMAN1 Gerung. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Lailatussaadah, Fitriyawany, Erfiati, & Mutia, S. (2020). Faktor-faktor Penunjang dan Penghambat Pelaksanaan Pembelajaran Daring (online) PPG dalam Jabatan (Daljab) pada Guru Perempuan di Aceh. *Journal of Child and Gender Studies ISSN*, 6(2), 1–9.
- Lailatussaadah, Hayati, S., Jamil, A. I. Bin, & Qadir, F. A. B. A. (2023). Mapping TPACK Components in the Implementation of Edupreneur-Profiled Curriculum at Teacher Training and Education Institutions in Aceh. *Tadris: Jurnal Keguruan Dan Ilmu Tarbiyah*, 8(2).
- 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>
- Meutiawati, I. (2024). Perspektif Koneksionisme Terhadap Aktivitas Belajar di Era Teknologi Digital. *DesultanaH-Journal Education and Social Science*, 2(1), 81–100.
- Natalia, D. P., Febriyana, M. M., Ustati, R. T., & Rahmawati, Y. (2021). Pengembangan E-Modul Praktikum Crocodile Physics Berbasis POE. *Schrodinger Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika*, 2(1), 38–47. <https://doi.org/10.30998/sch.v2i1.4295>
- Nurmayuli, N. (2023). Development of an Islamic Education Management Philosophy e-Module through the Canva Application. *Tarbawi: Jurnal Keilmuan Manajemen Pendidikan*, 9(01), 97–108.
- Simamora, A. A., & Asri, M. T. (2024). Pengembangan E-LKPD Interaktif untuk Melatihkan Kemampuan Literasi Digital Peserta Didik Kelas X SMA pada Materi Virus. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi ...*, 13(2), 339–355.
- Siringoringo, R. G., & Alfaridzi, M. Y. (2024). Pengaruh Integrasi Teknologi Pembelajaran terhadap Efektivitas dan Transformasi Paradigma Pendidikan Era Digital. *Jurnal Yudistira: Publikasi Riset Ilmu Pendidikan Dan Bahasa*, 2(3), 66–76.
- Siska, Juliani, R. F. (2022). *Desain Dan Ujicoba Media Pembelajaran Berbasis E-*. 4(1), 22–28.
- Sugiarto, S., Martono, M., & Priyadi, A. T. (2024). Integrasi Teknologi Dan Literasi Digital Untuk Meningkatkan Keterampilan Berbicara Siswa Di Sekolah. *Jurnal Cahaya Mandalika ISSN 2721-4796 (Online)*, 2100–2112.
- Suminar, L., Maulida, N., & Rachman, I. F. (2024). Strategi Peningkatan Kualitas Literasi Digital Pada Masyarakat. *Jurnal Bima: Pusat Publikasi Ilmu Pendidikan Bahasa Dan Sastra*, 2(2), 200–209.
- Yasmin, N. H., Hayati, S., Fithriani, & Fajriah. (2024). The Development of Virtual Reality Media to Enhance Vocabulary Learning for Madrasah Ibtidaiyyah Students. *Jurnal Al-Fikrah*, 13(2), 248–264. <https://doi.org/10.54621/jiaf.v13i2.901>
- Zuhri, S., Suwindia, I. G., & Winangun, I. M. A. (2024). *Literasi digital dan kecakapan abad ke-21 : analisis komprehensif dari literatur terkini*. 5(2), 149–155.
- Zulyani, R., Viranda, V., & Zuhra, S. (2024). Penerapan Teknologi Berbasis Media Quizizz

untuk Menganalisis Persepsi Siswa terhadap Pembelajaran Kimia pada Materi Hidrokarbon. *DesultanaH: Journal Education and Social Science*, 2(2), 31–49. <https://doi.org/10.69548/d-jess.v2i2.33>