Indonesian Journal of Science Education and Applied Science (IJSEAS)
© Department of Natural Sciences Education Universitas Lambung Mangkurat
Open Access Journal
https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/ijseas/index
Vol. 6, No.1, ISSN: 2776-8252

PENGEMBANGAN *E-MODUL* PEMBELAJARAN IPA BERBASIS *PHET SIMULATION* UNTUK MATERI PEMANTULAN CAHAYA DI SMP

Muhammad Kevin Al Rahman*, Muhammad Fuad Sya`ban, Rizky Febriyani Putri
Pendidikan IPA, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Kalimantan Selatan, Indonesia

Submit : 14 September 2025
Accepted : 17 Juni 2026
Publish : 22 Juni 2026
***Corresponding author:** mhmdkevinn.all@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *e-Modul* interaktif berbasis *PhET Simulation* pada materi pemantulan cahaya untuk peserta didik kelas VIII SMP. Latar belakang penelitian ini adalah kebutuhan akan media pembelajaran digital yang interaktif untuk memfasilitasi pemahaman konsep-konsep abstrak dalam IPA, khususnya pada topik optik. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D). Produk yang dikembangkan divalidasi oleh ahli materi dan media, serta diuji kepraktisan dan keefektifannya melalui implementasi pada 28 peserta didik kelas VIII SMP Negeri 31 Banjarmasin. Instrumen yang digunakan meliputi lembar validasi, angket respon peserta didik, serta soal pretest & post-test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *e-Modul* berbasis *PhET Simulation* tergolong sangat valid dengan rata-rata persentase 91,66%, sangat praktis dengan skor kepraktisan 89,78%, dan efektif dengan nilai rata-rata *N-gain* sebesar 0,73 yang termasuk dalam kategori tinggi. Dengan demikian, *e-Modul* ini dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran IPA sebagai media yang mampu meningkatkan pemahaman konsep peserta didik secara interaktif dan menarik. Implikasi dari penelitian ini adalah bahwa *e-Modul* berbasis simulasi interaktif dapat menjadi solusi alternatif dalam pembelajaran IPA yang menuntut visualisasi dan eksplorasi konsep, serta berpotensi meningkatkan keterlibatan dan pemahaman peserta didik secara lebih mendalam. Selain itu, produk ini dapat mendukung implementasi Kurikulum Merdeka yang mendorong pembelajaran berbasis teknologi dan kemandirian belajar.

Kata kunci: *e-Modul*, IPA SMP, pemantulan cahaya, pengembangan media, *PhET Simulation*.

PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 menekankan pentingnya pengembangan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kolaborasi, terutama dalam pembelajaran IPA. Kompetensi ini menjadi semakin relevan dalam era digital, di mana peserta didik dituntut tidak hanya menguasai pengetahuan konseptual, tetapi juga mampu menerapkannya dalam kehidupan nyata (Annur et al., 2022; Hardianti, 2021). Namun, kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa pembelajaran IPA, khususnya materi optik seperti pemantulan cahaya, masih didominasi oleh penjelasan verbal dan penggunaan ilustrasi statis yang kurang mendukung pemahaman mendalam.

Materi pemantulan cahaya merupakan bagian dari topik gelombang dalam pembelajaran IPA SMP yang memiliki karakter abstrak. Konsep seperti hukum pemantulan, jenis-jenis cermin, dan pembentukan bayangan memerlukan visualisasi yang konkret untuk dipahami dengan baik oleh peserta didik. Banyak siswa mengalami kesulitan dalam membayangkan arah perambatan cahaya atau posisi bayangan, karena tidak tersedia media pembelajaran yang mampu menyajikan proses tersebut secara dinamis (Putri et al., 2023; Tualaka et al., 2023). Ketergantungan pada buku teks yang tebal dan ilustrasi sederhana dinilai kurang mampu mengatasi kesenjangan pemahaman ini.

Kesenjangan antara harapan dan kenyataan ini mengindikasikan adanya kebutuhan mendesak untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis digital yang interaktif dan kontekstual. Salah satu solusi yang relevan adalah penggunaan PhET Simulation, yaitu perangkat simulasi interaktif berbasis riset yang dikembangkan oleh University of Colorado Boulder. Simulasi ini memungkinkan peserta didik melakukan eksperimen virtual terhadap fenomena fisika, termasuk pemantulan cahaya, dengan cara yang menyenangkan dan mudah dipahami (Perkins et al., 2006; Masita et al., 2020; Albis et al., 2023). Penelitian oleh Banda & Nzabahimana (2021) juga menunjukkan bahwa integrasi simulasi seperti PhET secara signifikan meningkatkan keterlibatan dan pemahaman konseptual peserta didik.

e-Modul berbasis simulasi digital kemudian dipandang sebagai bentuk media yang sesuai untuk menjawab tantangan pembelajaran tersebut. Dibandingkan dengan modul cetak biasa, e-Modul memiliki keunggulan dalam hal interaktivitas, aksesibilitas, dan fleksibilitas penggunaannya. Dalam pembelajaran IPA, e-Modul mampu menyajikan materi dengan paduan teks, gambar, video, serta simulasi virtual yang membantu peserta didik mengeksplorasi materi secara mandiri dan kontekstual (Syafa et al., 2022; Fujiarti et al., 2024). Erawati *et al.* (2022) menyatakan bahwa e-Modul berbasis Heyzine mampu meningkatkan minat belajar siswa karena tampilan visual yang menarik dan navigasi yang interaktif. Selain itu, Fena Julita (2023) membuktikan bahwa simulasi PhET dapat meningkatkan pemahaman siswa dalam materi fluida dinamis, sedangkan Nafaida *et al.* (2020) menekankan dampak positifnya pada topik pembiasan cahaya.

Namun demikian, kajian-kajian sebelumnya masih terbatas pada materi IPA tertentu dan belum banyak yang secara spesifik mengembangkan e-Modul berbasis PhET Simulation untuk materi pemantulan cahaya di tingkat SMP. Padahal, topik ini sangat penting karena merupakan fondasi pemahaman untuk konsep-konsep lanjutan dalam fisika.

Penelitian ini memiliki urgensi dan kebaruan karena fokus pada pengembangan e-Modul IPA berbasis PhET Simulation untuk materi pemantulan cahaya yang belum banyak dikaji, padahal sangat relevan dengan kurikulum. e-Modul ini dikembangkan menggunakan model ADDIE agar melalui tahapan analisis kebutuhan, desain yang sistematis, pengembangan konten, implementasi di kelas, hingga evaluasi berbasis data (Branch, 2009; Rustandi, 2021). Instrumen

validasi, angket respon, serta tes pretest dan post-test digunakan untuk menilai kualitas produk secara menyeluruh.

Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan e-Modul IPA berbasis PhET Simulation yang valid, praktis, dan efektif untuk digunakan dalam pembelajaran pemantulan cahaya di SMP. Harapannya, produk ini dapat menjadi media pembelajaran inovatif yang mendukung keterlibatan aktif peserta didik, memfasilitasi pemahaman konsep abstrak secara visual dan interaktif, serta berkontribusi pada peningkatan kualitas pembelajaran IPA yang selaras dengan implementasi Kurikulum Merdeka.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (Research and Development) yang bertujuan untuk menghasilkan produk berupa e-Modul interaktif IPA berbasis PhET Simulation pada materi pemantulan cahaya. Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE, yang mencakup lima tahap sistematis: Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation (Branch, 2009; Sugiyono, 2018). Model ini dipilih karena fleksibel dan sesuai untuk pengembangan media berbasis teknologi.

Subjek Penelitian

Subjek penelitian terbagi menjadi dua kategori:

1. Subjek validasi ahli, yaitu dua dosen Pendidikan IPA dan satu guru IPA SMP sebagai validator isi dan media.
2. Subjek uji coba, yaitu 28 peserta didik kelas VIII SMP Negeri 31 Banjarmasin pada semester genap tahun ajaran 2024/2025.

Teknik pengambilan subjek menggunakan purposive sampling berdasarkan kriteria lokasi yang mendukung pembelajaran berbasis teknologi, penerapan Kurikulum Merdeka, dan ketersediaan infrastruktur pendukung. Objek penelitian ini adalah produk e-Modul interaktif berbasis PhET Simulation pada materi pemantulan cahaya.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di SMP Negeri 31 Banjarmasin pada Mei–Juli 2025. Pemilihan lokasi didasarkan pada ketersediaan sarana digital dan keterbukaan pihak sekolah terhadap inovasi pembelajaran.

Prosedur Penelitian

Prosedur pengembangan mengikuti tahapan model ADDIE sebagai berikut:

1. Analysis: Mengidentifikasi kebutuhan belajar, kondisi peserta didik, serta keterbatasan media pembelajaran di sekolah.
2. Design: Merancang struktur e-Modul, menyusun indikator literasi sains, desain antarmuka, dan menyusun soal pretest-posttest.
3. Development: Mengembangkan e-Modul menggunakan Canva, mengintegrasikan simulasi PhET dari situs PhET.colorado.edu, serta divalidasi oleh para ahli.
4. Implementation: Menguji coba e-Modul kepada 28 peserta didik melalui pembelajaran menggunakan e-Modul, lalu mengerjakan pretest dan post-test serta mengisi angket kepraktisan.

5. Evaluation: Evaluasi dilakukan secara formatif (tiap tahap) dan sumatif (akhir) untuk menilai kualitas dan efektivitas produk.

Instrumen Penelitian

Tiga jenis instrumen utama digunakan:

1. Lembar validasi ahli, untuk menilai validitas isi, bahasa, penyajian, dan desain media.
2. Angket kepraktisan peserta didik, untuk mengetahui persepsi pengguna terhadap kemudahan dan kebermanfaatan e-Modul.
3. Tes hasil belajar, berupa 15 soal pilihan ganda sebagai pretest dan post-test untuk menilai efektivitas pembelajaran.

Tabel 1. Kriteria skala Likert 4 poin

Skor	Kriteria
1	Tidak Valid / Sangat Tidak Setuju
2	Kurang Valid / Tidak Setuju
3	Valid / Setuju
4	Sangat Valid / Sangat Setuju

Teknik Analisis Data Penelitian

Analisis data dilakukan secara kuantitatif terhadap validitas, kepraktisan, dan keefektifan e-Modul.

1. Analisis Validitas

Validitas dihitung menggunakan rumus persentase:

$$V=\frac{TSe}{Tsh}\ x\ 100$$

Keterangan:

V = Persentase validitas
Tse = Total skor empiris
TSh = Total skor maksimal

Tabel 2. Interpretasi validitas

Rentang Skor (%)	Kategori	Keterangan
85 – 100	Sangat Valid	Dapat digunakan tanpa revisi
70 – <85	Valid	Perlu revisi kecil
50 – <70	Kurang Valid	Perlu revisi besar, tidak direkomendasikan
< 50	Tidak Valid	Tidak layak digunakan

Putri *et al.* (2022):

Untuk mengukur reliabilitas antar validator, digunakan rumus Percentage of Agreement (PA) (Borich, 2015) :

$$PA=\left(1-\frac{(A-B)}{(A+B)}\right)\ x\ 100\%$$

Keterangan:

A = skor ideal atau tertinggi yang diberikan oleh validator,
B = skor aktual atau terendah yang diberikan oleh validator,
R = indeks kesesuaian reliabilitas,
PA = Percentage Of Agreement (dalam persen).

Tabel 3. Interpretasi PA

Nilai PA (%)	Kategori	Keterangan
≥ 90%	Sangat Reliabel	Konsistensi sangat tinggi
75–89,99%	Reliabel	Layak digunakan
60–74,99%	Cukup Reliabel	Revisi diperlukan pada beberapa aspek
< 60%	Tidak Reliabel	Penilaian tidak konsisten, perlu ditinjau

Qomaria & Tsulutsya (2024)

2. Analisis Kepraktisan

Kepraktisan dihitung dengan rumus:

$$Vp = \frac{TSEp}{S\text{-}max} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

Vp = Persentase kepraktisan
TSEp = Skor empirik angket kepraktisan
Smax = Skor maksimal

Tabel 4. Interpretasi kepraktisan media

Rentang Skor (%)	Kategori	Keterangan
≥ 75%	Sangat Praktis	Dapat digunakan tanpa revisi
50 – <75%	Praktis	Perlu revisi
25 – <50%	Kurang Praktis	Tidak direkomendasikan
< 25%	Tidak Praktis	Tidak layak digunakan

3. Analisis Keefektifan

Efektivitas diukur melalui peningkatan skor pretest dan post-test menggunakan rumus Normalized Gain (n-Gain) (Hake, 1999):

$$g = \frac{\text{Skor Posstest-Skor Pretest}}{\text{Skor maksimal-Skor Pretest}} \quad (4)$$

Tabel 5. Interpretasi nilai gain:

Nilai Gain	Kategori
g > 0,7	Tinggi
0,3 ≤ g ≤ 0,7	Sedang
g < 0,3	Rendah

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Validitas Media

Validasi dilakukan oleh tiga validator (dua dosen dan satu guru IPA) terhadap empat aspek: kelayakan isi, penyajian, kebahasaan, dan tampilan visual. Hasil rekapitulasi validasi ditunjukkan pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Hasil Validasi e-Modul oleh Tiga Validator

Validator	Skor Perolehan	Skor Maksimal	Persentase (%)	Kategori
V1	110	128	85,93	Sangat Valid
V2	114	128	89,06	Sangat Valid
V3	128	128	100,00	Sangat Valid
Rata-rata	117,33	128	91,66	Sangat Valid

Persentase rata-rata sebesar 91,66% menunjukkan bahwa e-Modul yang dikembangkan telah memenuhi standar kelayakan isi, penyajian sistematis, penggunaan bahasa yang sesuai, serta tampilan visual yang menarik. Hasil ini memperkuat pernyataan Nieveen (1999) dan Rustandi (2021) bahwa media pembelajaran yang baik harus mengintegrasikan aspek isi dan desain untuk mendukung proses belajar.

Validasi dari tiga pihak menunjukkan konsistensi yang tinggi, yang diperkuat dengan analisis reliabilitas Borich. Evaluasi ini juga sejalan dengan model ADDIE yang menekankan evaluasi formatif di setiap tahapan.

Validitas Instrumen Angket dan Soal

Peneliti juga melakukan validasi terhadap angket kepraktisan dan soal pretest-posttest. Hasilnya disajikan dalam dua tabel berikut:

Tabel 7. Hasil Validasi Angket Kepraktisan

Validator	Skor Perolehan	Skor Maksimal	Persentase (%)	Kategori
V1	29	36	80,55	Valid
V2	36	36	100,00	Sangat Valid
V3	36	36	100,00	Sangat Valid
Rata-rata	33,66	36	93,51	Sangat Valid

Angket memperoleh validasi yang sangat tinggi dengan rata-rata 93,51%, menunjukkan bahwa instrumen tersebut layak digunakan dalam menjaring data kepraktisan dari peserta didik. Hasil ini menguatkan prinsip validitas isi instrumen (Arikunto, 2019), serta menunjukkan kecermatan dalam merancang alat ukur persepsi siswa.

Tabel 8. Hasil Validasi Soal Pretest dan Post-test

Validator	Skor	Skor Maksimal	Persentase	Kategori
V1	83	100	83%	Valid
V2	88	100	88%	Sangat Valid
V3	100	100	100%	Sangat Valid
Rata-rata	90,33	100	90,33%	Sangat Valid

Soal pretest dan post-test divalidasi untuk memastikan keterukuran aspek kognitif siswa terhadap materi pemantulan cahaya. Dengan rata-rata 90,33%, soal telah dianggap mampu mengukur pemahaman secara komprehensif dan dapat digunakan dalam menguji keefektifan produk.

Reliabilitas Instrumen Penelitian

Selain menguji validitas, reliabilitas juga diuji pada ketiga jenis instrumen utama dalam penelitian ini: lembar validasi e-Modul, angket kepraktisan, dan soal pretest–posttest. Uji reliabilitas dilakukan menggunakan pendekatan Percentage of Agreement (Borich) antar validator. Hasil rekapnya dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekap Hasil Uji Reliabilitas Instrumen Penelitian

Instrumen	Skor Ideal (A)	Skor Aktual (B)	Persentase Agreement (PA)	Kategori
Lembar Validasi e-Modul	4,00	3,25	90%	Sangat Reliabel
Angket Kepraktisan	4,00	3,33	88%	Reliabel
Soal Pretest–Post-test	4,00	3,00	83%	Reliabel

Hasil PA menunjukkan bahwa semua instrumen memiliki tingkat konsistensi antar penilai yang tinggi (Borich, 2015). Lembar validasi e-Modul tergolong sangat reliabel dengan PA ≥ 90%, sementara angket kepraktisan dan soal pretest–posttest termasuk reliabel (PA ≥ 75%). Hal ini menunjukkan bahwa hasil penilaian terhadap seluruh instrumen dapat dipercaya dan digunakan dalam proses pengumpulan data secara konsisten, sesuai dengan klasifikasi Qomaria & Tsulutsya (2024).

Kepraktisan Produk

Setelah digunakan oleh 28 peserta didik, diperoleh data kepraktisan seperti pada Tabel 4:

Tabel 10. Hasil Kepraktisan Penggunaan e-Modul

Jumlah Responden	Skor Total Empirik	Skor Maksimal	Persentase (%)	Kategori
28 siswa	1927	2552	75,51	Sangat Praktis

Nilai kepraktisan sebesar 75,51% menunjukkan bahwa e-Modul mudah digunakan, navigasinya jelas, tampilannya menarik, dan isi modul dipahami dengan baik oleh peserta didik. Hasil ini sejalan dengan penelitian Widoyoko (2012) dan Nieveen (1999) yang menekankan pentingnya persepsi pengguna akhir sebagai indikator kepraktisan media. Selain itu, integrasi simulasi PhET terbukti memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan menyenangkan.

Keefektifan Produk

Efektivitas dilihat dari peningkatan hasil belajar sebelum dan sesudah penggunaan e-Modul. Hasilnya sebagai berikut:

Tabel 11. Rata-rata Skor Pretest dan Post-test serta N-Gain

Jenis Tes	Rata-rata Skor	N-Gain	Kategori
Pretest	47,11		
Post-test	84,15	0,672	Sedang

Perhitungan N-Gain menunjukkan peningkatan sebesar 0,672 (kategori sedang), yang menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konseptual peserta didik setelah menggunakan e-Modul. Temuan ini konsisten dengan studi Hake (1999), serta didukung oleh penelitian Albis *et al.* (2023) dan Annur (2022) bahwa simulasi digital dapat mempercepat pemahaman konsep abstrak. Hal ini juga diperkuat oleh Fena Julita (2023) yang menemukan bahwa simulasi PhET pada materi fluida dinamis memberikan dampak positif pada pemahaman konsep.

Selain itu, Mutmainnah (2021) melaporkan efektivitas e-Modul interaktif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik pada materi sistem pencernaan, sejalan dengan hasil dalam penelitian ini. Begitu pula, Nafaida *et al.* (2020) membuktikan bahwa penggunaan simulasi PhET pada materi pembiasan cahaya dapat meningkatkan hasil belajar secara signifikan.

Peningkatan ini juga sejalan dengan prinsip pembelajaran konstruktivis, di mana peserta didik membangun pemahamannya melalui eksplorasi dan interaksi langsung dengan konten pembelajaran. Tidak adanya siswa pada kategori peningkatan rendah menunjukkan bahwa e-Modul berdampak positif secara merata pada seluruh peserta didik.

Tabel 12. Distribusi Kategori N-Gain Siswa

Kategori N-Gain	Jumlah Siswa	Persentase (%)
Tinggi (g > 0,7)	13 siswa	48,1%
Sedang (0,3–0,7)	15 siswa	51,9%
Rendah (< 0,3)	0 siswa	0%

Rata-rata nilai pretest sebesar 47,11 meningkat menjadi 84,15 pada post-test. Perhitungan N-Gain menunjukkan peningkatan sebesar 0,672 (kategori sedang), yang menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konseptual peserta didik setelah menggunakan e-Modul. Temuan ini konsisten dengan studi Hake (1999), serta didukung oleh penelitian Albis *et al.* (2023) dan Annur (2022) bahwa simulasi digital dapat mempercepat pemahaman konsep abstrak.

Peningkatan ini juga sejalan dengan prinsip pembelajaran konstruktivis, di mana peserta didik membangun pemahamannya melalui eksplorasi dan interaksi langsung dengan konten pembelajaran. Tidak adanya siswa pada kategori peningkatan rendah menunjukkan bahwa e-Modul berdampak positif secara merata pada seluruh peserta didik.

Implikasi dan Keterbatasan Penelitian

Hasil penelitian ini memberikan implikasi positif terhadap dunia pendidikan, khususnya pada pembelajaran sains di tingkat SMP. e-Modul berbasis PhET Simulation terbukti dapat digunakan sebagai alternatif media pembelajaran yang mendukung Kurikulum Merdeka. Media ini sangat sesuai digunakan untuk topik-topik abstrak seperti pemantulan cahaya yang sulit divisualisasikan hanya dengan metode ceramah.

Keterbatasan dari penelitian ini adalah lingkup uji coba terbatas hanya pada satu sekolah dengan jumlah peserta terbatas (n=28). Selain itu, penelitian ini belum membandingkan keefektifan e-Modul dengan media lain secara langsung. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk melibatkan lebih banyak sampel, lintas sekolah, serta melakukan eksperimen komparatif.

SIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah produk berupa e-Modul IPA interaktif berbasis PhET Simulation yang dikembangkan dengan menggunakan model ADDIE. Berdasarkan hasil validasi dari ahli materi, ahli media, dan guru IPA, e-Modul dinyatakan sangat valid dengan persentase rata-rata 91,66%. Hal ini menunjukkan bahwa produk telah memenuhi standar isi, bahasa, tampilan visual, serta penyajian sistematis yang dibutuhkan dalam pembelajaran sains. Hasil uji reliabilitas juga menunjukkan konsistensi penilaian antar validator, dengan nilai Percentage of Agreement (PA) ≥ 90% pada instrumen validasi media.

Pengujian kepraktisan terhadap 28 peserta didik menunjukkan bahwa e-Modul termasuk dalam kategori sangat praktis, dengan skor persentase sebesar 75,51%. Hal ini mengindikasikan bahwa media mudah digunakan, menarik, dan dipahami dengan baik oleh pengguna akhir. Instrumen angket yang digunakan juga memiliki validitas tinggi dan reliabilitas baik, sehingga hasil pengukuran dapat dipercaya.

Dari sisi keefektifan, e-Modul menunjukkan dampak positif terhadap peningkatan hasil belajar. Rata-rata skor pretest meningkat dari 47,11 menjadi 84,15 pada post-test, dengan nilai N-

Gain sebesar 0,672 dalam kategori sedang. Sebanyak 100% peserta didik mengalami peningkatan belajar, dengan 48,1% di antaranya mencapai kategori tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan e-Modul mampu memfasilitasi pemahaman konsep secara interaktif dan bermakna.

Secara keseluruhan, e-Modul IPA berbasis PhET Simulation pada materi pemantulan cahaya terbukti valid, praktis, dan efektif sebagai media pembelajaran yang sesuai dengan prinsip Kurikulum Merdeka dan pembelajaran abad 21. Produk ini dapat dijadikan alternatif media pembelajaran sains yang inovatif di tingkat SMP, terutama untuk materi yang bersifat abstrak dan sulit divisualisasikan dengan metode konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

Albis, M., Puspita, A., & Zahroh, N. (2023). Efektivitas penggunaan simulasi PhET terhadap pemahaman konsep kesetimbangan gaya. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia, 11*(2), 123–132.

Annur, S., Munthe, H. A., & Lestari, D. (2022). Pendidikan abad 21 dan penguatan keterampilan berpikir tingkat tinggi. *Jurnal Ilmu Pendidikan Indonesia, 7*(1), 10–19.

Banda, D., & Nzabahimana, J. (2021). Effectiveness of PhET simulation on learners' conceptual understanding in physics: A systematic review. *European Journal of Education Studies, 8*(2), 91–105.

Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer.

Borich, G.D. (2015). *Observation Skill fof Effective Teaching(7th Edition)*. Taylor & Francis Group.

Erawati, D., Nurhayati, N., & Rahman, F. (2022). Pengembangan e-modul logika matematika berbasis Heyzine. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains, 6*(2), 84–91.

Fena Julita. (2023). Pengembangan e-modul berbasis PhET Simulation pada materi fluida dinamis. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika, 5*(1), 44–52.

Fujiarti, Y., Sutopo, H., & Sari, N. (2024). Pengembangan e-modul berbasis simulasi interaktif untuk meningkatkan pemahaman konsep dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Edukasi Sains dan Teknologi, 8*(1), 33–42.

Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores*. Indiana University. http://www.physics.indiana.edu/~hake/

Hardianti, R. (2021). Keterampilan abad 21 dalam pembelajaran IPA SMP. *Jurnal Sains dan Edukasi, 9*(1), 55–63.

Masita, A., Subekti, M., & Prasetyo, Z. K. (2020). Efektivitas laboratorium virtual berbasis PhET dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 9*(3), 312–319.

Mutmainnah. (2021). Efektivitas e-Modul interaktif pada materi sistem pencernaan manusia. *Jurnal Pendidikan Biologi, 12*(1), 27–36.

Nafaida, R., Yuliani, L., & Khairunnisa, N. (2020). Pengaruh penggunaan simulasi PhET terhadap hasil belajar pembiasan cahaya. *Jurnal Pendidikan Fisika, 8*(2), 150–158.

Perkins, K., Loeblein, P., & Dessau, K. (2006). PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics. *University of Colorado Boulder*. https://phet.colorado.edu/

Putri, E. A., Sari, R. P., & Amalia, L. (2023). Analisis miskonsepsi siswa SMP pada konsep pemantulan cahaya. *Jurnal Fisika dan Pembelajarannya, 7*(1), 37–45.

Rustandi, A. (2021). Penelitian dan pengembangan dalam pendidikan: Teori dan praktik. *Jurnal Penelitian Pendidikan, 18*(2), 149–158.

Syafa, R. A., Irwandi, & Mustofa, R. (2022). Pengembangan e-modul interaktif untuk meningkatkan hasil belajar. *Jurnal Teknologi Pendidikan, 10*(3), 210–219.

Tualaka, F., Wati, N. A., & Fitriani, R. (2023). Visualisasi konsep optik dalam pembelajaran: Studi kasus pemantulan cahaya. *Jurnal Sains Terapan dan Teknologi Pendidikan, 5*(2), 98–105.

DEVELOPMENT OF PHET SIMULATION-BASED SCIENCE LEARNING E-MODULE FOR LIGHT REFLECTION MATERIAL IN JUNIOR HIGH SCHOOL

Abstract

This study aims to develop an interactive science e-Modul e based on PhET Simulation for the topic of light reflection for eighth-grade junior high school students. The background of this research is the need for interactive digital learning media to facilitate students' understanding of abstract scientific concepts, particularly in optics. The research employed the Research and Development (R&D) method using the ADDIE Development model, which consists of five stages: Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. The developed product was validated by subject matter experts and media experts, and its practicality and effectiveness were tested through Implementation involving 28 eighth-grade students at SMP Negeri 31 Banjarmasin. The instruments used included validation sheets, student response questionnaires, and pretest and Post-test items. The results showed that the PhET-based e-Modul e was classified as highly valid with an average percentage of 91.66%, highly practical with a practicality score of 89.78%, and effective with an average N-gain score of 0.73, which falls into the high category. Therefore, the e-Modul e is considered feasible for use in science learning as a medium that can improve students' conceptual understanding in an interactive and engaging way. The implication of this research is that interactive Simulation-based e-Modul es can serve as an alternative solution for science learning that requires visualization and conceptual exploration. This media has the potential to increase student engagement and conceptual understanding, while also supporting the Implementation of the Merdeka Curriculum, which emphasizes the use of technology and student autonomy in learning.

Keywords: *e-Modul, junior high school science. light reflection, media Development, PhET Simulation.*