Volume 6. No 2. 83–95 OKTOBER 2026

Al-Khazini: **Jurnal Pendidikan Fisika**
http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/alkhazini
DOI: https://doi.org/10.24252/al-khazini.v6i2.71958

P-ISSN: 2830-3644
e-ISSN: 2829-6699

Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis PhET Simulation pada Materi Getaran dan Gelombang

Nurwahyuni Anas[1*], Wahyuni N. Laratu[1], Unggul Wahyono[1], Nurul Kami Sani[1], Andi Ulfah Khuzaimah[1]

[1]Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako

Corresponding Address: nurwahyunii0304@gmail.com

Info Artikel

Riwayat artikel

Dikirim: 16 Agustus 2026
Direvisi: 19 Agustus 2026
Diterima: 16 November 2026
Diterbitkan: 16 November 2026

Kata Kunci:

E-modul
Simulasi PhET
Getaran
Gelombang

ABSTRAK

Pembelajaran fisika pada materi getaran dan gelombang di SMP Negeri 13 Sigi masih menghadapi kendala berupa konsep yang abstrak dan keterbatasan praktikum. Penelitian ini bertujuan mengembangkan e-modul fisika berbasis *PhET Simulation* yang valid, praktis, dan efektif menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE. Instrumen penelitian yang digunakan meliputi lembar validasi ahli materi dan ahli media, angket respons siswa dan guru, serta tes hasil belajar berupa *pretest* dan *posttest*. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif berupa skor rata-rata dan analisis N-Gain. Uji coba dilakukan pada 20 siswa kelas VIII dan 1 guru IPA. Hasil menunjukkan e-modul memperoleh skor validasi ahli materi 3,86 dan ahli media 3,64 (layak), respons siswa 4,20 (baik), serta respons guru 4,57 (sangat baik). Nilai rata-rata *pretest* meningkat dari 55,95 menjadi 80,65 pada *posttest* dengan N-Gain 0,56 (56,07%) berkategori sedang atau cukup efektif. Dengan demikian, e-modul berbasis *PhET Simulation* dinyatakan valid, praktis, dan cukup efektif sebagai bahan ajar pada materi getaran dan gelombang.

ABSTRACT

Physics instruction on the topic of vibrations and waves at SMP Negeri 13 Sigi faces challenges due to abstract concepts and limited opportunities for practical work. This study aimed to develop a valid, practical, and effective physics e-module based on PhET Simulation, employing the Research and Development (R&D) method with the ADDIE model. Research instruments included validation sheets for subject matter and media experts, student and teacher response questionnaires, and learning outcome assessments (pre-tests and post-tests). Data were analyzed using descriptive statistics—specifically mean scores and N-Gain analysis. Trials were conducted with 20 eighth-grade students and one science teacher. The results showed that the e-module received validation scores of 3.86 from subject matter experts and 3.64 from media experts (feasible), a student response score of 4.20 (good), and a teacher response score of 4.57 (very good). The mean pre-test score rose from 55.95 to 80.65 on the post-test, yielding an N-Gain of 0.56 (56.07%), which falls into the "medium" or "moderately effective" category. Thus, the PhET Simulation-based e-module is deemed valid, practical, and moderately effective as a learning resource for the topic of vibrations and waves.

© 2026 The Author(s). Published by Physics Education, UIN Alauddin Makassar, Indonesia.

How to cite: Anas, N., Laratu, W. N., Wahyono, U., Sani, N. K., & Khuzaimah, A. U. (2026). Pengembangan e-modul fisika berbasis PhET Simulation pada materi getaran dan gelombang. *Al-Khazini: Jurnal Pendidikan Fisika*, *6*(2), 83–95. https://doi.org/10.24252/al-khazini.v6i2.71958

(cc) BY-NC

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi pada era Revolusi Industri 4.0 telah mendorong transformasi pembelajaran menuju proses belajar yang lebih interaktif, inovatif, dan berpusat pada peserta didik. Integrasi teknologi digital dalam pembelajaran, seperti penggunaan *electronic module* (e-modul) dan simulasi interaktif, menjadi salah satu strategi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran abad ke-21. Pemanfaatan teknologi tidak hanya mendukung efisiensi proses belajar, tetapi juga mampu meningkatkan keterlibatan siswa, kemampuan berpikir tingkat tinggi, serta keterampilan komunikasi dan pemecahan masalah (Fadillah et al., 2024). Selain itu, penggunaan e-modul berbasis teknologi digital terbukti mampu meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa melalui penyajian materi yang lebih interaktif, fleksibel, dan mendukung pembelajaran mandiri (Wulandari & Jumadi, 2023).

Pada pembelajaran fisika di tingkat SMP, materi getaran dan gelombang merupakan salah satu konsep yang bersifat abstrak sehingga memerlukan visualisasi yang memadai agar mudah dipahami peserta didik. Konsep seperti frekuensi, amplitudo, periode, dan panjang gelombang sulit dipahami apabila hanya disampaikan melalui metode ceramah atau buku teks. Simulasi interaktif seperti PhET mampu memvisualisasikan fenomena fisika yang sulit diamati secara langsung sehingga membantu siswa membangun pemahaman konseptual secara lebih baik (Mahadi, 2023). Penggunaan simulasi PhET juga memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengeksplorasi konsep dan memanipulasi variabel secara interaktif. Perkins et al. (2006) menunjukkan bahwa simulasi PhET dirancang untuk membantu peserta didik memvisualisasikan fenomena fisika dan melakukan eksplorasi terhadap hubungan antarvariabel yang sulit diamati secara langsung. Meskipun demikian, hasil observasi awal dan wawancara dengan guru IPA di SMP Negeri 13 Sigi menunjukkan bahwa pemahaman siswa terhadap materi getaran dan gelombang masih tergolong rendah. Siswa mengalami kesulitan dalam menjelaskan konsep dasar, mengidentifikasi hubungan antara besaran-besaran pada getaran dan gelombang, serta mengaitkan konsep tersebut dengan fenomena dalam kehidupan sehari-hari. Kondisi ini berkaitan dengan karakteristik materi getaran dan gelombang yang bersifat abstrak dan memerlukan kemampuan visualisasi yang baik, sementara proses pembelajaran masih didominasi oleh metode ceramah dan penggunaan buku teks serta pemanfaatan media pembelajaran interaktif yang masih terbatas. Temuan tersebut sejalan dengan Sury et al. (2022) yang melaporkan bahwa pembelajaran fisika di tingkat SMP masih cenderung berpusat pada guru dan belum optimal dalam melatih keterampilan proses sains maupun komunikasi ilmiah. Selain itu, kesulitan memahami materi getaran dan gelombang juga dapat berkaitan dengan munculnya miskonsepsi pada konsep-konsep fisika yang bersifat abstrak (Aodina et al., 2024).

Permasalahan tersebut menjadi semakin penting mengingat Kabupaten Sigi merupakan wilayah yang memiliki tingkat kerawanan gempa bumi yang tinggi. Fenomena gempa bumi merupakan aplikasi nyata konsep getaran dan gelombang melalui perambatan gelombang seismik, sehingga pembelajaran fisika seharusnya mampu mengaitkan konsep-konsep tersebut dengan konteks kehidupan nyata. Namun, hasil observasi menunjukkan bahwa pembelajaran di sekolah belum mengintegrasikan fenomena kebencanaan lokal sebagai konteks pembelajaran sehingga siswa belum memperoleh pemahaman konseptual sekaligus literasi kebencanaan secara optimal.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa simulasi PhET efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika. Khofifah et al. (2024) melalui meta-analisis memperoleh *effect size* 1,48 (kategori tinggi), yang menunjukkan bahwa PhET mampu memvisualisasikan konsep abstrak sehingga lebih mudah dipahami peserta didik. Sejalan dengan itu, Agustina et al. (2024) mengembangkan *e-worksheet* berbantuan PhET dengan pendekatan *flipped laboratory* yang

(cc) BY-NC

terbukti membuat pembelajaran lebih interaktif dan kontekstual melalui eksplorasi virtual. Penelitian Nur Amini et al. (2022) juga mengembangkan LKPD berbasis inkuiri terbimbing berbantuan PhET pada materi getaran dan gelombang. Hasilnya menunjukkan produk sangat layak, mendapat respons positif, serta efektif meningkatkan pemahaman konsep dengan kategori peningkatan sedang. Akan tetapi, penelitian yang mengembangkan e-modul berbasis PhET pada materi getaran dan gelombang yang dikontekstualisasikan dengan fenomena gempa bumi lokal, khususnya di Kabupaten Sigi, masih sangat terbatas. Kesenjangan inilah yang menjadi dasar dilaksanakannya penelitian ini.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan e-modul fisika berbasis *PhET Simulation* pada materi getaran dan gelombang untuk siswa kelas VIII SMP Negeri 13 Sigi dengan model ADDIE. E-modul ini mengintegrasikan simulasi PhET dan video gempa bumi untuk membantu siswa memahami konsep abstrak secara lebih interaktif, mandiri, dan kontekstual. Kebaruan penelitian terletak pada penggabungan PhET, e-modul, dan konteks gempa bumi lokal di Kabupaten Sigi, sehingga pembelajaran tidak hanya berbasis simulasi, tetapi juga dikaitkan dengan fenomena nyata di lingkungan siswa.

Kontribusi penelitian ini terletak pada pengembangan bahan ajar digital yang mengintegrasikan simulasi PhET dengan konteks kebencanaan lokal sebagai upaya menjembatani konsep fisika yang abstrak dengan fenomena nyata di lingkungan peserta didik. Secara teoretis, penelitian ini memperkaya kajian mengenai pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi dalam pembelajaran fisika. Secara praktis, produk yang dihasilkan diharapkan menjadi alternatif bahan ajar yang layak, interaktif, dan efektif untuk membantu guru mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium serta meningkatkan kualitas pembelajaran fisika pada materi getaran dan gelombang.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan campuran (*mixed methods*), yaitu pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menilai kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan e-modul yang dikembangkan, sedangkan pendekatan kualitatif dimanfaatkan untuk menganalisis masukan, saran, serta tanggapan dari validator, guru, dan peserta didik terhadap produk. Proses pengembangan menerapkan model ADDIE yang meliputi lima tahapan, yaitu *Analyze, Design, Development, Implementation,* dan *Evaluation*. Model ADDIE dipilih karena memiliki tahapan yang sistematis dan memungkinkan dilakukannya evaluasi serta revisi pada setiap tahap pengembangan sehingga produk yang dihasilkan dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna (Branch, 2009).

Penelitian dilaksanakan di SMP Negeri 13 Sigi pada tahun ajaran 2025/2026. Subjek penelitian adalah peserta didik kelas VIII yang telah atau sedang mempelajari materi getaran dan gelombang. Pemilihan subjek dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu yang sesuai dengan tujuan penelitian. Kelas VIII dipilih karena materi getaran dan gelombang merupakan materi pembelajaran IPA yang dipelajari pada jenjang tersebut dan sesuai dengan kompetensi yang menjadi fokus pengembangan e-modul. Selain itu, peserta didik kelas VIII telah memiliki pengetahuan dasar yang diperlukan untuk mempelajari konsep getaran dan gelombang serta berada pada tahap pembelajaran yang sesuai untuk menggunakan simulasi PhET dan bahan ajar digital. Berdasarkan pertimbangan tersebut, uji coba produk dilakukan secara terbatas (*limited trial*) pada 20 peserta didik kelas VIII SMP Negeri 13 Sigi. Uji coba terbatas ini bertujuan

(cc) BY-NC

memperoleh informasi mengenai kepraktisan, respons peserta didik, serta efektivitas awal e-modul berbasis *PhET Simulation* sebelum produk digunakan dalam penerapan yang lebih luas.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, angket, dan tes. Observasi dan wawancara digunakan pada tahap analisis kebutuhan untuk mengetahui kondisi pembelajaran IPA, penggunaan media dan bahan ajar, fasilitas, serta kesulitan pada materi getaran dan gelombang, sehingga menjadi dasar pengembangan e-modul berbasis *PhET Simulation*. Angket digunakan untuk menilai kelayakan dan kepraktisan e-modul. Angket ahli materi menilai kesesuaian, kebenaran, dan kedalaman materi serta keterkaitannya dengan *PhET*. Angket ahli media menilai tampilan, keterbacaan, navigasi, dan interaktivitas. Angket respons guru dan siswa menilai kemudahan penggunaan, kejelasan materi, daya tarik, serta manfaat *PhET*. Semua angket menggunakan skala Likert lima tingkat. Tes digunakan untuk mengukur hasil belajar melalui *pretest* dan *posttest* pilihan ganda berdasarkan indikator materi getaran dan gelombang. Instrumen divalidasi oleh ahli materi, kemudian hasil *pretest* dan *posttest* dianalisis menggunakan N-Gain untuk melihat peningkatan hasil belajar siswa sebagai indikator efektivitas penggunaan e-modul berbasis *PhET Simulation* dalam pembelajaran.

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri atas lembar validasi ahli materi dan ahli media, angket respons guru dan siswa, serta instrumen tes hasil belajar. Validasi e-modul melibatkan dua orang validator, yaitu satu ahli materi dan satu ahli media. Lembar validasi digunakan untuk menilai kelayakan e-modul dari aspek isi, penyajian, bahasa, tampilan, dan kesesuaian dengan tujuan pembelajaran. Angket respons guru dan siswa digunakan untuk mengetahui persepsi terhadap e-modul berdasarkan aspek kemudahan penggunaan, kejelasan materi, daya tarik tampilan, dan kebermanfaatan simulasi *PhET* dalam pembelajaran. Instrumen non-tes menggunakan skala Likert lima tingkat, sedangkan instrumen tes berupa *pretest* dan *posttest* pilihan ganda yang digunakan untuk mengukur kemampuan pemahaman konsep siswa pada materi getaran dan gelombang sebelum dan sesudah penggunaan e-modul berbasis *PhET Simulation*.

Data penelitian dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari hasil validasi ahli materi dan ahli media, angket respons guru dan siswa, serta hasil *pretest* dan *posttest*. Sementara itu, data kualitatif diperoleh dari komentar, kritik, dan saran yang diberikan oleh validator, guru, dan siswa. Analisis data kuantitatif dilakukan untuk menentukan tingkat kevalidan, kepraktisan, dan efektivitas e-modul, sedangkan data kualitatif digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam proses revisi dan penyempurnaan produk.

Kevalidan e-modul dianalisis berdasarkan hasil penilaian ahli materi dan ahli media. Penilaian dilakukan menggunakan skala Likert lima tingkat, yaitu sangat kurang (1), kurang (2), cukup (3), baik (4), dan sangat baik (5). Nilai rata-rata hasil validasi dihitung menggunakan persamaan:

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n}$$

Keterangan: $\bar{x}$: Nilai rata-rata

$\sum x$: Jumlah total skor yang diperoleh

n: Jumlah butir pernyataan.

Nilai rata-rata hasil validasi kemudian diinterpretasikan berdasarkan kriteria kelayakan, yaitu 4,21–5,00 = sangat layak, 3,41–4,20 = layak, 2,61–3,40 = cukup layak, 1,81–2,60 = kurang

(cc) BY-NC

layak, dan 1,00–1,80 = tidak layak. E-modul dinyatakan layak apabila memperoleh nilai rata-rata minimal pada kategori layak.

Kepraktisan e-modul ditentukan berdasarkan respons guru dan siswa setelah menggunakan e-modul berbasis *PhET Simulation*. Angket respons menggunakan skala Likert lima tingkat, yaitu sangat setuju (5), setuju (4), cukup (3), kurang setuju (2), dan tidak setuju (1). Nilai rata-rata respons dihitung menggunakan persamaan yang sama, yaitu:

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n}$$

Keterangan: $\bar{x}$: Nilai rata-rata kepraktisan e-modul

$\sum x$: Jumlah total skor yang diperoleh dari responden

n: Jumlah butir pernyataan.

Hasil rata-rata kemudian dikategorikan menjadi sangat setuju (4,21–5,00), setuju (3,41–4,20), cukup (2,61–3,40), kurang setuju (1,81–2,60), dan tidak setuju (1,00–1,80). E-modul dikategorikan praktis apabila memperoleh respons minimal pada kategori setuju.

Efektivitas e-modul dianalisis berdasarkan peningkatan hasil belajar siswa sebelum dan sesudah penggunaan e-modul. Peningkatan tersebut diketahui melalui perbandingan nilai *pretest* dan *posttest* serta analisis *Normalized Gain* (N-Gain). N-Gain dihitung menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh Hake (1999):

$$N - Gain \frac{Skor\ Posttest - Skor\ Pretest}{Skor\ Maksimum - Skor\ Pretest}$$

Keterangan: (g) adalah nilai N-Gain, S_{post} adalah skor rata-rata *posttest*, S_{pre} adalah skor rata-rata *pretest*, dan S_{maks} adalah skor maksimum. Nilai N-Gain dikategorikan menjadi rendah apabila g < 0,30, sedang apabila 0,30 ≤ g ≤ 0,70≤≤, dan tinggi apabila g > 0,70.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengembangan Produk

Pengembangan e-modul fisika berbasis *PhET Simulation* dilaksanakan menggunakan model ADDIE yang terdiri atas tahap analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Ringkasan hasil setiap tahap pengembangan disajikan pada Tabel 1.

(cc) BY-NC

Tabel 1. Ringkasan Hasil Pengembangan E-Modul Berdasarkan Model ADDIE

Tahap	Proses yang Dilakukan	Hasil Utama	Tindak Lanjut
Analisis	Analisis dilakukan melalui observasi dan wawancara dengan guru IPA kelas VIII SMP Negeri 13 Sigi untuk mengidentifikasi kondisi pembelajaran, karakteristik peserta didik, bahan ajar dan media yang digunakan, ketersediaan fasilitas, serta kesulitan pembelajaran pada materi getaran dan gelombang.	Ditemukan bahwa pembelajaran masih didominasi buku paket dan metode ceramah sehingga siswa kesulitan memahami konsep getaran dan gelombang yang bersifat abstrak.	Menetapkan pengembangan e-modul berbasis *PhET Simulation* yang terintegrasi video, LKPD, dan simulasi interaktif.
Perancangan	Menentukan struktur dan sistematika e-modul, menyusun materi dan aktivitas pembelajaran, merancang tampilan dan navigasi, memilih ilustrasi dan video, serta menentukan simulasi *PhET* yang sesuai dengan materi getaran dan gelombang.	Menyusun struktur e-modul, desain tampilan, materi, video, simulasi PhET, LKPD, dan evaluasi berbasis Quizziz	Menghasilkan prototipe awal e-modul
Pengembangan	Mengembangkan rancangan menjadi e-modul yang memuat materi, ilustrasi, video simulasi gempa bumi, LKPD, dan tautan simulasi *PhET*. Produk kemudian divalidasi oleh satu ahli materi dan satu ahli media.	Mengembangkan produk awal kemudian divalidasi oleh ahli materi dan ahli media.	Melakukan revisi berdasarkan saran validator.
Implementasi	E-modul yang telah direvisi diujicobakan secara terbatas kepada 20 peserta didik kelas VIII dan 1 guru IPA SMP Negeri 13 Sigi. Peserta didik menggunakan e-modul dalam pembelajaran materi getaran dan gelombang dengan memanfaatkan simulasi *PhET* dan video simulasi gempa bumi.	Produk diujicobakan kepada 20 siswa kelas VIII dan satu guru IPA.	Mengumpulkan data kepraktisan dan hasil belajar siswa.

(cc) BY-NC

Tahap	Proses yang Dilakukan	Hasil Utama	Tindak Lanjut
Evaluasi	Evaluasi dilakukan berdasarkan hasil validasi ahli, respons guru dan peserta didik, serta hasil belajar. Masukan dan saran dari validator, guru, dan peserta didik digunakan untuk meninjau kembali kualitas produk.	Dilakukan penyempurnaan berdasarkan masukan validator, guru, dan siswa.	Menghasilkan produk akhir yang siap digunakan dalam pembelajaran.

Produk akhir berupa e-modul fisika berbasis *PhET Simulation* pada materi getaran dan gelombang yang dapat diakses melalui platform Heyzine Flipbook menggunakan komputer maupun telepon pintar. E-modul memuat materi pembelajaran, video, simulasi *PhET*, LKPD berbasis inkuiri terbimbing, evaluasi menggunakan Quizizz, serta integrasi fenomena gempa bumi di Kabupaten Sigi sebagai konteks pembelajaran.



Gambar 1. Hasil Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis *PhET Simulation*

Kevalidan E-Modul

Kevalidan e-modul ditentukan melalui validasi ahli materi dan ahli media sebelum produk diimplementasikan.

Tabel 2. Hasil Validasi Ahli Materi

Indikator	Rata-rata	Kategori
Kesesuaian materi dengan CP	3,80	Layak
Kebenaran konsep fisika	3,80	Layak
Keterpaduan materi	4,00	Layak
Rata-rata	**3,86**	**Layak**

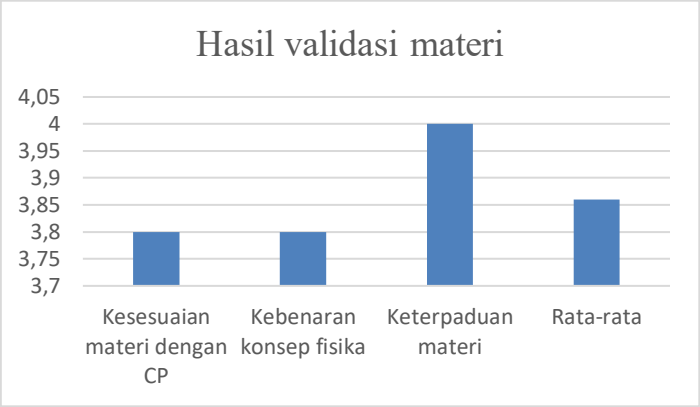
Tabel 3. Hasil Validasi Ahli Media

Indikator	Rata-rata	Kategori
Tampilan e-modul	3,33	Cukup layak
Keterbacaan	3,75	Layak
Kejelasan navigasi	4,00	Layak
Konsistensi layout	3,33	Cukup layak

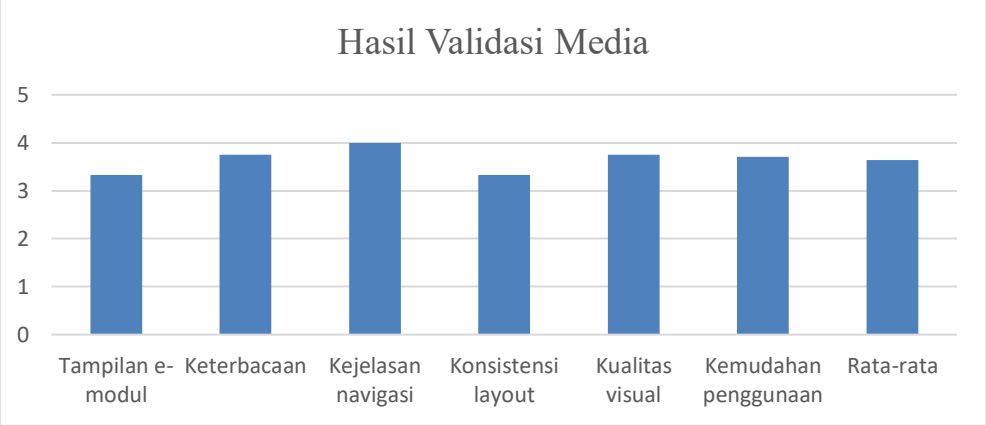
(cc) BY-NC

Indikator	Rata-rata	Kategori
Kualitas visual	3,75	Layak
Kemudahan penggunaan	3,71	Layak
Rata-rata	**3,64**	**Layak**

Hasil validasi e-modul oleh ahli materi dan ahli media disajikan dalam diagram untuk memperjelas skor setiap indikator. Validasi ahli materi memperoleh skor rata-rata 3,86 dengan kategori layak, dengan skor tertinggi pada indikator keterpaduan materi sebesar 4,00. Sementara itu, validasi ahli media memperoleh skor rata-rata 3,64 dengan kategori layak, dengan skor tertinggi pada indikator kejelasan navigasi sebesar 4,00. Hasil tersebut menunjukkan bahwa e-modul telah memenuhi kriteria kelayakan dari aspek materi dan media setelah dilakukan revisi berdasarkan masukan validator.



Gambar 2. Hasil Validasi Materi



Gambar 3. Hasil Validasi Media

Hasil validasi menunjukkan bahwa e-modul memperoleh skor rata-rata 3,86 dari ahli materi dan 3,64 dari ahli media sehingga keduanya berada pada kategori layak. Ahli materi memberikan skor tertinggi pada aspek keterpaduan materi (4,00), sedangkan ahli media memberikan skor tertinggi pada aspek kejelasan navigasi (4,00). Temuan ini menunjukkan bahwa materi telah sesuai dengan capaian pembelajaran, konsep fisika yang disajikan akurat, serta navigasi e-modul mudah digunakan oleh peserta didik.

Masukan validator terutama berkaitan dengan penyempurnaan margin, konsistensi tata letak, perapian teks, peningkatan kualitas ilustrasi, serta penambahan informasi penggunaan e-modul.

(cc) BY-NC

Berdasarkan masukan tersebut dilakukan revisi berupa pengaturan ulang layout, perbaikan kualitas gambar, penambahan video animasi getaran, gelombang, dan simulasi gempa bumi, serta penyempurnaan integrasi simulasi *PhET*. Revisi tersebut menghasilkan e-modul yang lebih komunikatif, menarik, dan sesuai dengan karakteristik siswa SMP.

Kepraktisan E-Modul

Kepraktisan e-modul ditentukan berdasarkan respons 20 siswa dan 1 guru IPA setelah implementasi pembelajaran.

Tabel 4. Hasil Respons Peserta Didik dan Guru terhadap E-Modul

Responden	Skor rata-rata	Kategori
Siswa	4,20	Setuju (Praktis)
Guru	4,57	Sangat Layak (Sangat Praktis)

Hasil respons menunjukkan bahwa e-modul memperoleh skor rata-rata 4,20 dari siswa dengan kategori setuju dan 4,57 dari guru dengan kategori sangat setuju. Pada angket siswa, skor tertinggi terdapat pada pernyataan bahwa e-modul memuat pertanyaan yang mendorong siswa belajar (4,60), diikuti penyajian materi yang menarik dan mudah dipahami (4,45) serta desain e-modul yang meningkatkan minat belajar (4,40). Sementara itu, guru memberikan skor tertinggi pada aspek daya tarik tampilan (4,80), diikuti kemudahan penggunaan (4,60), kesesuaian materi (4,50), dan kebermanfaatan simulasi *PhET* (4,40). Berdasarkan hasil tersebut, e-modul memperoleh respons positif dari siswa dan guru serta memenuhi aspek kepraktisan dalam penggunaannya pada pembelajaran.

Kategorisasi respons menggunakan skala Likert lima tingkat, yaitu 4,21–5,00 = sangat setuju; 3,41–4,20 = setuju; 2,61–3,40 = cukup; 1,81–2,60 = kurang setuju; dan 1,00–1,80 = tidak setuju.

Keefektifan E-Modul

Keefektifan e-modul dianalisis berdasarkan hasil *pretest*, *posttest*, dan *Normalized Gain* (N-Gain) yang diperoleh setelah implementasi pembelajaran.

Tabel 5. Statistik Hasil Belajar dan N-Gain Peserta Didik

Data	Rata-rata	Kategori
Pretest	55,95	-
Posttest	80,65	-
N-gain	0,56	Sedang
N-Gain (%)	56,07	Cukup Efektif

Rata-rata nilai siswa meningkat dari 55,95 pada *pretest* menjadi 80,65 pada *posttest*. Hasil perhitungan N-Gain sebesar 0,56 termasuk dalam kategori sedang, sedangkan nilai N-Gain sebesar 56,07% berada pada kategori cukup efektif. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan e-modul fisika berbasis *PhET Simulation* memberikan kontribusi terhadap peningkatan hasil belajar siswa pada materi getaran dan gelombang.

Peningkatan hasil belajar diduga dipengaruhi oleh penyajian materi yang mengintegrasikan simulasi *PhET*, video pembelajaran, LKPD berbasis inkuiri terbimbing, serta konteks gempa

(cc) BY-NC

bumi di Kabupaten Sigi. Melalui simulasi interaktif, siswa dapat mengamati hubungan antara amplitudo, frekuensi, periode, dan panjang gelombang secara langsung sehingga konsep yang semula abstrak menjadi lebih mudah dipahami. Dengan demikian, e-modul yang dikembangkan tidak hanya memenuhi aspek validitas dan kepraktisan, tetapi juga menunjukkan efektivitas dalam mendukung pembelajaran fisika.

Pembahasan

Pengembangan e-modul fisika berbasis *PhET Simulation* pada materi getaran dan gelombang dilakukan menggunakan model ADDIE yang meliputi tahap analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Model ini dipilih karena memberikan tahapan yang sistematis dalam menghasilkan bahan ajar digital yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, pembelajaran fisika di SMP Negeri 13 Sigi masih didominasi penggunaan buku paket dan metode ceramah sehingga siswa mengalami kesulitan memahami konsep getaran dan gelombang yang bersifat abstrak. Oleh karena itu, e-modul dikembangkan dengan mengintegrasikan simulasi *PhET*, video pembelajaran, LKPD berbasis inkuiri terbimbing, serta konteks gempa bumi di Kabupaten Sigi agar pembelajaran menjadi lebih kontekstual, interaktif, dan bermakna.

Hasil validasi menunjukkan bahwa e-modul memperoleh skor rata-rata 3,86 dari ahli materi dan 3,64 dari ahli media dengan kategori layak. Skor tersebut menunjukkan bahwa produk telah memenuhi aspek kelayakan isi maupun kelayakan media sebelum diimplementasikan dalam pembelajaran. Ahli materi memberikan penilaian tertinggi pada aspek keterpaduan materi (4,00), yang menunjukkan bahwa materi telah disusun secara sistematis sesuai capaian pembelajaran dan karakteristik peserta didik. Sementara itu, ahli media memberikan skor tertinggi pada aspek kejelasan navigasi (4,00), yang mengindikasikan bahwa e-modul mudah dioperasikan oleh pengguna. Meskipun demikian, validator masih memberikan beberapa masukan terkait konsistensi tata letak, kualitas ilustrasi, margin, dan penyajian multimedia. Seluruh masukan tersebut ditindaklanjuti melalui revisi berupa perbaikan desain, penyempurnaan ilustrasi, penambahan video pembelajaran, serta optimalisasi integrasi simulasi *PhET* sehingga kualitas produk menjadi lebih baik. Hasil ini menunjukkan bahwa proses validasi berperan penting dalam menghasilkan bahan ajar yang sesuai dengan kebutuhan pengguna sebelum diterapkan di kelas.

Kepraktisan e-modul ditunjukkan melalui hasil angket respons siswa dan guru setelah implementasi pembelajaran. Respons siswa memperoleh skor rata-rata 4,20 dengan kategori praktis, sedangkan respons guru memperoleh skor rata-rata 4,57 dengan kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa e-modul mudah digunakan, memiliki tampilan yang menarik, serta membantu proses pembelajaran. Bagi siswa, skor tertinggi diperoleh pada indikator bahwa e-modul memuat pertanyaan yang mendorong mereka untuk belajar (4,60), diikuti penyajian materi yang menarik dan mudah dipahami (4,45), serta desain e-modul yang meningkatkan minat belajar (4,40). Hal ini menunjukkan bahwa penyajian materi yang dipadukan dengan gambar, video, dan simulasi interaktif mampu meningkatkan keterlibatan siswa selama pembelajaran. Sementara itu, guru memberikan penilaian tertinggi pada aspek daya tarik tampilan (4,80) dan kemudahan penggunaan (4,60), yang menunjukkan bahwa e-modul mudah diintegrasikan ke dalam proses pembelajaran di kelas. Temuan ini mengindikasikan bahwa e-modul tidak hanya praktis digunakan oleh siswa sebagai bahan belajar mandiri, tetapi juga memudahkan guru dalam menyampaikan materi yang bersifat abstrak.

(cc) BY-NC

Keefektifan e-modul ditunjukkan melalui peningkatan hasil belajar siswa setelah menggunakan e-modul. Nilai rata-rata *pretest* meningkat dari 55,95 menjadi 80,65 pada *posttest*. Hasil analisis *Normalized Gain* (N-Gain) sebesar 0,56 berada pada kategori sedang, sedangkan nilai N-Gain sebesar 56,07% termasuk kategori cukup efektif. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan e-modul berbasis *PhET Simulation* memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan pemahaman konsep siswa pada materi getaran dan gelombang. Peningkatan hasil belajar diduga terjadi karena siswa memperoleh pengalaman belajar yang lebih aktif melalui simulasi virtual, video pembelajaran, serta LKPD berbasis inkuiri terbimbing. Melalui simulasi *PhET*, siswa dapat memanipulasi variabel seperti amplitudo, frekuensi, periode, dan panjang gelombang, kemudian mengamati pengaruh perubahan variabel tersebut secara langsung. Aktivitas tersebut membantu siswa membangun pemahaman konsep melalui proses eksplorasi sehingga konsep-konsep fisika yang bersifat abstrak menjadi lebih mudah dipahami.

Hasil tersebut sejalan dengan Izzati et al. (2026) yang menunjukkan bahwa penggunaan PhET dalam pembelajaran materi getaran dan gelombang dapat mendukung peningkatan hasil belajar peserta didik melalui kegiatan pembelajaran yang lebih interaktif dan visual. Temuan tersebut juga diperkuat oleh Wieman et al. (2008) yang menjelaskan bahwa simulasi PhET dapat membantu peserta didik memahami konsep fisika melalui visualisasi dan eksplorasi interaktif terhadap fenomena yang dipelajari. Dengan demikian, peningkatan hasil belajar dalam penelitian ini diduga berkaitan dengan kemampuan PhET dalam memvisualisasikan konsep getaran dan gelombang serta memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengeksplorasi konsep secara aktif.

Pengintegrasian fenomena gempa bumi di Kabupaten Sigi menjadikan pembelajaran lebih kontekstual karena peserta didik dapat menghubungkan konsep getaran dan gelombang dengan fenomena yang mereka temui dalam kehidupan sehari-hari. Pendekatan kontekstual tersebut dapat membantu peserta didik memahami konsep fisika secara lebih bermakna. Temuan ini sejalan dengan penelitian Nur Amini et al. (2022) yang menunjukkan bahwa *PhET Simulation* pada materi getaran dan gelombang dapat mendukung peningkatan pemahaman konsep peserta didik, serta penelitian Subeki et al. (2022) yang menunjukkan bahwa penggunaan *PhET* pada materi yang sama dapat meningkatkan keterampilan proses sains. Penelitian Sukamto (2022) juga menunjukkan bahwa penggunaan *PhET* dengan pendekatan kontekstual dapat membantu meningkatkan pemahaman konsep karena materi lebih mudah divisualisasikan dan dikaitkan dengan kehidupan peserta didik. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki perbedaan karena mengintegrasikan *PhET Simulation* ke dalam e-modul yang dilengkapi LKPD, video simulasi gempa bumi, dan konteks kebencanaan lokal Kabupaten Sigi. Dengan demikian, e-modul yang dikembangkan tidak hanya mendukung pemahaman konsep dan hasil belajar, tetapi juga menawarkan pembelajaran yang lebih kontekstual melalui keterkaitan antara konsep fisika dan fenomena lokal yang dekat dengan pengalaman peserta didik.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Implementasi produk hanya dilakukan pada uji coba terbatas yang melibatkan 20 siswa dan 1 guru IPA di satu sekolah tanpa menggunakan kelas pembanding. Oleh karena itu, peningkatan hasil belajar yang diperoleh belum sepenuhnya dapat dikaitkan hanya dengan penggunaan e-modul karena masih terdapat kemungkinan pengaruh faktor lain, seperti karakteristik peserta didik maupun proses pembelajaran yang berlangsung. Penelitian selanjutnya disarankan melibatkan jumlah sampel yang lebih besar, menggunakan desain eksperimen dengan kelompok kontrol, serta mengembangkan fitur interaktif yang lebih beragam agar efektivitas e-modul dapat diuji secara lebih komprehensif.

(cc) BY-NC

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan e-modul fisika berbasis *PhET Simulation* pada materi getaran dan gelombang menggunakan model pengembangan ADDIE yang meliputi tahap analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Hasil validasi menunjukkan bahwa e-modul memperoleh skor rata-rata 3,86 dari ahli materi dan 3,64 dari ahli media, yang keduanya termasuk kategori layak. Hasil uji kepraktisan menunjukkan bahwa e-modul memperoleh skor rata-rata 4,20 dari peserta didik dengan kategori praktis dan 4,57 dari guru dengan kategori sangat praktis. Keefektifan e-modul ditunjukkan oleh peningkatan rata-rata hasil belajar dari 55,95 pada pretest menjadi 80,65 pada posttest, dengan nilai *Normalized Gain* (N-Gain) sebesar 0,56 yang termasuk kategori sedang dan persentase N-Gain sebesar 56,07% dengan kategori cukup efektif. Dengan demikian, e-modul fisika berbasis *PhET Simulation* dinyatakan layak, praktis, dan cukup efektif digunakan sebagai alternatif bahan ajar digital untuk mendukung pembelajaran fisika pada materi getaran dan gelombang di kelas VIII SMP.

SARAN

E-modul fisika berbasis *PhET Simulation* dapat dimanfaatkan oleh guru sebagai alternatif bahan ajar digital untuk mendukung pembelajaran getaran dan gelombang yang lebih interaktif dan berpusat pada peserta didik. Penggunaan e-modul sebaiknya didukung oleh ketersediaan perangkat digital dan akses internet yang memadai agar seluruh fitur, seperti simulasi *PhET*, video pembelajaran, dan evaluasi berbasis *Quizizz*, dapat dimanfaatkan secara optimal. Penelitian selanjutnya disarankan mengembangkan e-modul pada materi fisika lainnya, menambahkan fitur interaktif yang lebih inovatif, memperluas jumlah subjek penelitian dan sekolah, serta menggunakan desain eksperimen dengan kelompok kontrol sehingga efektivitas e-modul dapat dibandingkan secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, T. W., Paujiah, E., Lestari, L., Nuryantini, A. Y., Sukmawardani, Y., & Flara, R. L. (2024). Development of PhET-assisted simulation e-worksheet using flipped laboratory approach for science communication skills. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, *10*(3), 1086–1097. https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i3.36162

Aodina, E., Kaulfa, L., & Busyairi, A. (2024). Analisis miskonsepsi peserta didik SMP pada materi getaran dan gelombang. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Fisika Indonesia*, *6*(2). https://doi.org/10.29303/jppfi.v6i2.633

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

Fadillah, M. A., Asrizal, A., Festiyed, F., & Usmeldi, U. (2024). The effect of e-modules on physics learning in senior high school: A meta-analysis. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, *5*(1). https://doi.org/10.24042/ijsme.v5i1.21641

Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores* [Unpublished manuscript].

Izzati, A. N., Pujani, N. M., & Priyanka, L. M. (2026). Pengaruh model problem based learning berbantuan PhET terhadap keterampilan berpikir kritis siswa pada materi getaran dan gelombang. *Jurnal Riset Rumpun Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, *5*(1), 211–223. https://doi.org/10.55606/jurrimipa.v5i1.8936

Khofifah, K., Yuliani, H., & Santiani, S. (2024). Meta-analysis: The effect of PhET simulation media on enhancing conceptual understanding in physics learning. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, *7*(3), 532. https://doi.org/10.20527/jipf.v7i3.9046

(cc) BY-NC

Mahadi, I. (2023). The effectiveness of the application of PhET with inquiry learning model to improve understanding of the concept. *Journal of Science Education Research*, *2023*(2).

Nur Amini, F., Roektiningroem, E., & Wilujeng, I. (2022). Development of student worksheet based on guided inquiry assisted by PhET simulation to improve concept comprehension. *Journal of Science Education Research*, *2022*(1).

Perkins, K., Adams, W., Dubson, M., Finkelstein, N., Reid, S., Wieman, C., & LeMaster, R. (2006). PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics. *The Physics Teacher*, *44*(1), 18–23. https://doi.org/10.1119/1.2150754

Subeki, R. S., Astriani, D., & Qosyim, A. (2022). Media simulasi PhET berbasis inkuiri terbimbing materi getaran dan gelombang terhadap peningkatan keterampilan proses sains peserta didik. *Pensa E-Jurnal: Pendidikan Sains*.

Sukamto, T. (2022). Pemanfaatan media PhET simulation pada pembelajaran fisika dengan pendekatan contextual teaching and learning. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, *8*(2), 649–654. https://doi.org/10.31949/educatio.v8i2.2327

Sury, K., Wiyono, K., & Siahaan, S. M. (2022). Effectiveness of using e-learning at STEM-based physics learning to improve communication skills of high school students. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, *6*(3), 539. https://doi.org/10.20527/jipf.v6i3.5781

Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2008). PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, *322*(5902), 682–683. https://doi.org/10.1126/science.1161948

Wulandari, M., & Jumadi, J. (2023). Analisis penggunaan e-modul untuk mendukung kemampuan pembelajaran fisika siswa di SMA: Tinjauan pustaka sistematik. *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, *8*(1), 37–45. https://doi.org/10.59052/edufisika.v8i1.23317

(cc) BY-NC