

Penerapan Media PhET *Simulation* untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Mahasiswa Materi Gelombang

¹Evitamala Siregar*, ¹Rizki Fadilah, ¹Novi Damayanti, ¹Riyanto

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Graha Nusantara, Padangsidempuan, Sumatera Utara, Indonesia

INFO ARTIKEL

Article History:

Submitted: 17-04-2026

Revised : 28-05-2026

Accepted : 25-06-2026

Published: 30-06-2026

Keywords:

Media;

PhET Simulation;

Conceptual Understanding;

Wave Material

Kata Kunci:

Media;

Simulasi PhET;

Pemahaman Konsep;

Materi Gelombang

© 2026 the author(s)



ABSTRACT

This study aims to improve students' conceptual understanding of wave topics, including transverse waves, longitudinal waves, and sound waves, through the application of PhET Simulation media. Low conceptual understanding in this topic is generally caused by the abstract nature of waves, which is difficult to visualize through verbal explanation or mathematical equations alone. This study employed a Classroom Action Research (CAR), conducted in two cycles, each consisting of planning, action, observation, and reflection stages. The research subjects were 20 undergraduate students enrolled in a Waves and Optics course. The instrument used was a five-item essay test validated to measure students' conceptual understanding of transverse waves, longitudinal waves, and sound. The results showed that the average posttest score increased from 67.45 in Cycle I to 87.15 in Cycle II, with the average N-Gain increasing from 0.42 (moderate category) to 0.73 (high category). Classical mastery also increased from 45% in Cycle I to 95% in Cycle II, so the research was stopped at the second cycle as the success indicator had been achieved. It is concluded that the application of PhET Simulation media is effective in improving students' conceptual understanding of wave material.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa pada materi gelombang, yang mencakup gelombang transversal, gelombang longitudinal, dan gelombang bunyi, melalui penerapan media PhET Simulation. Rendahnya pemahaman konsep pada materi ini umumnya disebabkan oleh sifat gelombang yang abstrak dan sulit divisualisasikan hanya melalui penjelasan verbal maupun persamaan matematis. Penelitian menggunakan desain Penelitian Tindakan Kelas (PTK) yang dilaksanakan dalam dua siklus, dengan setiap siklus terdiri atas tahap perencanaan, tindakan, observasi, dan refleksi. Subjek penelitian adalah 20 orang mahasiswa yang menempuh mata kuliah dasar gelombang Listrik & magnet. Instrumen yang digunakan berupa tes uraian (essay) berjumlah 5 soal yang telah divalidasi untuk mengukur pemahaman konsep mahasiswa pada aspek gelombang transversal, longitudinal, dan bunyi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai posttest meningkat dari 67,45 pada Siklus I menjadi 87,15 pada Siklus II, dengan rata-rata N-Gain meningkat dari 0,42 (kategori sedang) menjadi 0,73 (kategori tinggi). Ketuntasan klasikal juga meningkat dari 45% pada Siklus I menjadi 95% pada Siklus II, sehingga penelitian dihentikan pada siklus kedua karena telah memenuhi indikator keberhasilan. Disimpulkan bahwa penerapan media PhET Simulation efektif meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa pada materi gelombang.

*Corresponding Author

Email: evisiregar38@gmail.com

PENDAHULUAN

Fisika kerap dipersepsikan mahasiswa calon guru fisika sebagai mata kuliah yang sulit. Kesulitan tersebut salah satunya terlihat pada materi gelombang mekanik – mencakup gelombang longitudinal, gelombang transversal, dan gelombang bunyi – yang menuntut kemampuan mahasiswa menghubungkan representasi matematis, grafis, dan fenomena fisis, sementara objek kajiannya sendiri tidak selalu bisa diamati secara kasatmata. Materi ini menempati posisi penting dalam kurikulum program studi Pendidikan Fisika berbasis capaian pembelajaran (*Outcome-Based Education/OBE*). Arah rambat gelombang, pola rapatan dan renggangan pada gelombang longitudinal, maupun proses perambatan bunyi melalui medium hanya dapat dipahami mahasiswa lewat representasi grafis dan penalaran abstrak, bukan lewat pengamatan langsung terhadap partikel medium yang bergetar (Fadillah, R. et al., 2026). Ketiadaan wujud fisik yang dapat diamati secara empiris inilah yang membuat mahasiswa calon guru rentan membangun pemahaman keliru sejak tahap awal, sehingga miskonsepsi menjadi persoalan yang terus berulang dari jenjang sekolah menengah hingga perguruan tinggi (Fadillah, R. et al., 2026). Bagi mahasiswa calon guru, risiko ini tidak berhenti pada pemahamannya sendiri: miskonsepsi yang tidak terkoreksi sejak masa perkuliahan berpotensi terbawa dan diwariskan kelak kepada peserta didik yang akan mereka ajar.

Dugaan tersebut sejalan dengan sejumlah temuan empiris tentang sulitnya peserta didik dan mahasiswa memahami materi gelombang. Haerunnisa, et al. (2022) misalnya menemukan bahwa miskonsepsi tertinggi peserta didik justru terletak pada kemampuan paling mendasar dalam topik ini, yaitu membedakan karakteristik gelombang transversal dari gelombang longitudinal, dengan persentase miskonsepsi mencapai 64,2%. Ketidakmampuan membedakan arah rambat dari arah getar partikel medium ini bukan sekadar kesalahan hafalan, melainkan indikasi bahwa model mental peserta didik terhadap fenomena gelombang belum terbentuk dengan tepat. Pengamatan awal terhadap capaian mahasiswa pada materi gelombang mekanik di program studi

Pendidikan Fisika mengindikasikan kesulitan yang serupa, khususnya dalam membedakan arah rambat dari arah getar partikel medium, sejalan dengan pola miskonsepsi yang dilaporkan pada jenjang sekolah menengah tersebut. Pada jenjang pendidikan tinggi, pola pembelajaran gelombang di program studi Pendidikan Fisika yang masih menitikberatkan pada penurunan rumus dan penyelesaian soal kuantitatif turut memperkuat kecenderungan mahasiswa calon guru menghafal persamaan gelombang tanpa benar-benar memahami hubungan antara panjang gelombang, frekuensi, cepat rambat, serta karakteristik yang membedakan gelombang longitudinal, gelombang transversal, dan gelombang bunyi satu sama lain. Kesenjangan antara penjelasan teoretis di ruang kuliah dan pengalaman langsung terhadap fenomena gelombang di laboratorium turut mendorong mahasiswa sekadar mengikuti prosedur praktikum tanpa membangun pemahaman konseptual yang mendasarinya (Aisyah, et al., 2026). Persoalan ini menjadi lebih krusial bagi mahasiswa calon guru, sebab pemahaman konsep yang mereka bangun bukan sekadar untuk kepentingan akademis pribadi, melainkan juga menjadi modal *pedagogical content knowledge* yang kelak mereka perlukan untuk merepresentasikan dan mengajarkan konsep gelombang kepada peserta didik di sekolah.

Perkembangan teknologi pembelajaran menghadirkan alternatif untuk mengatasi persoalan tersebut. PhET (*Physics Education Technology*) *Interactive Simulations*, laboratorium virtual berbasis inkuiri yang dikembangkan University of Colorado, menjadi salah satu inovasi yang paling banyak diadopsi dalam pembelajaran fisika (Banda & Nzabahimana, 2021). Ketiga jenis gelombang yang menjadi fokus penelitian ini tersedia lewat modul simulasi PhET yang secara teknis terpisah: gelombang transversal dapat dieksplorasi lewat modul *Wave on a String*, sementara pola rapatan-renggangan gelombang longitudinal dan perambatan gelombang bunyi masing-masing dapat diamati lewat layar *Sound* pada modul *Waves Intro* maupun modul *Sound Waves* yang lebih mendalam. Meski secara teknis berdiri sendiri-sendiri, ketiga modul ini dibangun di atas kerangka variabel gelombang yang sama –

amplitudo, frekuensi, panjang gelombang, dan cepat rambat – sehingga dapat dirangkai ke dalam satu desain pembelajaran yang berurutan dan saling merujuk. Dalam penelitian ini, integrasi tidak dimaknai sebagai penyatuan ketiga modul ke dalam satu simulasi tunggal, melainkan sebagai satu rangkaian pertemuan pembelajaran yang koheren: mahasiswa terlebih dahulu membangun pemahaman tentang gerak partikel dan besaran gelombang pada gelombang transversal lewat *Wave on a String*, kemudian membandingkannya dengan pola gerak partikel pada gelombang longitudinal lewat *Waves Intro*, sebelum memperdalam pemahaman tentang perambatan bunyi sebagai penerapannya lewat *Sound Waves*. Rangkaian ini didukung lembar kerja dan pertanyaan panduan yang secara eksplisit meminta mahasiswa membandingkan dan menghubungkan representasi gerak partikel, grafik simpangan, serta besaran gelombang di antara ketiga modul tersebut, sehingga mahasiswa tidak sekadar mengalami tiga simulasi yang berdiri sendiri, melainkan satu alur konseptual yang utuh tentang gelombang mekanik. Keleluasaan memanipulasi variabel dan mengulang eksperimen sesuai kebutuhan inilah yang memungkinkan mahasiswa menguji sendiri dugaan yang mereka bangun tentang perilaku gelombang. Dengan demikian, PhET berperan sebagai media representasi visual yang menjembatani konsep abstrak gelombang dengan pengalaman belajar yang lebih konkret dan interaktif.

Kemampuan PhET dalam menopang pemahaman konsep tidak lepas dari landasan teoretis yang mendasarinya. Dari sudut pandang konstruktivisme, belajar dipandang sebagai proses aktif ketika peserta didik merangkai pengetahuan baru ke dalam struktur kognitif yang sudah dimilikinya (Piaget, 1970; Vygotsky, 1978). Prinsip ini terwujud dalam simulasi PhET lewat lingkungan eksplorasi yang membiarkan mahasiswa memanipulasi sendiri variabel-variabel gelombang amplitudo, frekuensi, panjang gelombang, cepat rambat sambil mengamati bagaimana perubahan salah satu variabel memengaruhi perilaku gelombang secara keseluruhan. Landasan lain datang dari Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia Mayer (2009), yang menjelaskan bahwa pembelajaran

berlangsung lebih optimal saat informasi disampaikan lewat saluran verbal dan visual secara bersamaan, mengingat sistem kognitif manusia memproses kedua modalitas itu lewat kanal yang terpisah namun saling melengkapi. Pada simulasi gelombang, prinsip ini tampak dari perpaduan animasi rambatan gelombang, grafik simpangan terhadap waktu, dan keterangan tekstual dalam satu tampilan, sehingga beban kognitif yang tidak perlu bisa ditekan sementara mahasiswa tetap dapat menghubungkan representasi visual dengan konsep matematisnya. Gagasan ini juga selaras dengan teori representasi multipel dalam pembelajaran fisika, yang menegaskan pentingnya menyajikan satu konsep lewat berbagai bentuk representasi – verbal, grafis, matematis, dan simulatif – secara bersamaan (Ainsworth, 2006). Untuk materi gelombang longitudinal, transversal, dan bunyi yang menuntut mahasiswa membayangkan gerak partikel medium yang tidak kasatmata, kemampuan PhET menghadirkan pola rapatan-renggangan, kurva simpangan gelombang, serta visualisasi perambatan bunyi secara bersamaan memberikan *scaffolding* representasional yang penting bagi mahasiswa dalam menyusun pemahaman yang utuh.

Efektivitas PhET dalam mendongkrak pemahaman konsep fisika sudah banyak dibuktikan lewat kajian empiris. Tinjauan sistematis Banda dan Nzabahimana (2021) terhadap 31 penelitian eksperimental menemukan bahwa simulasi PhET secara konsisten efektif meningkatkan pemahaman konsep, baik dipadukan dengan pendekatan inkuiri, eksperimen virtual, *problem-based learning*, maupun *scaffolding*. Temuan ini diperkuat oleh meta-analisis Fadillah, *et al.* (2026) yang merangkum 47 ukuran efek dari 20 studi dengan total 4.563 mahasiswa dan menghasilkan *effect size* yang tergolong besar ($d = 0,83$) dibandingkan pembelajaran konvensional, dengan efektivitas terbesar justru muncul pada materi-materi abstrak seperti elektrostatika maupun gelombang dan optika – kelompok materi yang secara langsung relevan dengan fokus penelitian ini.

Sejumlah kajian dengan cakupan materi yang lebih spesifik pada topik gelombang turut memperkuat gambaran tersebut. Kristianto, *et al.*

(2023) yang menerapkan PhET sebagai laboratorium virtual pada materi getaran, gelombang, dan bunyi di jenjang SMP mencatat peningkatan pemahaman konsep dengan skor gain 0,54 pada kategori cukup, disertai aktivitas belajar peserta didik yang mencapai 73%. Pada jenjang menengah atas, Ledjab, et al. (2024) yang memadukan *problem-based learning* dengan simulasi PhET pada materi gelombang dan bunyi melaporkan peningkatan hasil belajar peserta didik yang signifikan setelah intervensi. Sejalan dengan itu, Agustina, et al. (2025) mencatat kenaikan rata-rata skor pemahaman konsep gelombang bunyi dari 55 menjadi 80, dengan *N-Gain* sebesar 0,65 pada kategori sedang. Pada materi gelombang bunyi secara lebih spesifik, NS et al. (2025) mencatat peningkatan skor pemahaman konsep dari 6,90 menjadi 20,17, dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,74 yang tergolong dalam kategori tinggi. Adapun Ermawati, et al. (2026) yang mengintegrasikan PhET dengan *Experiential Learning Cycle* pada materi gelombang melaporkan peningkatan skor dari 42,50 menjadi 85,40, dengan *N-Gain* sebesar 0,75.

Meski deretan temuan di atas memberikan landasan empiris yang cukup kuat, terdapat kesenjangan yang belum banyak disentuh dalam literatur yang ada. Pertama, mayoritas kajian yang mengangkat materi getaran, gelombang, dan bunyi masih terpusat di jenjang sekolah menengah, sementara penelitian yang menyasar mahasiswa perguruan tinggi – dengan karakteristik perkembangan kognitif dan tuntutan pembelajaran yang berbeda secara kualitatif – masih sangat terbatas. Kedua, sebagian besar studi yang tersedia cenderung memperlakukan gelombang longitudinal, gelombang transversal, dan gelombang bunyi sebagai topik yang berdiri sendiri, alih-alih sebagai satu rangkaian materi gelombang yang saling berkaitan secara konseptual maupun kurikuler. Secara konseptual, ketiga jenis gelombang ini sesungguhnya dibangun di atas parameter dasar yang sama – amplitudo, frekuensi, panjang gelombang, dan cepat rambat, sehingga pemahaman yang utuh terhadap satu jenis gelombang semestinya turut menopang pemahaman terhadap jenis gelombang lainnya; gelombang bunyi, misalnya, pada dasarnya merupakan penerapan konsep gelombang longitudinal pada medium udara, bukan topik

yang sepenuhnya berdiri sendiri. Perlakuan yang memisahkan ketiganya dalam desain penelitian maupun pembelajaran berisiko mengaburkan keterkaitan ini, dan bisa jadi turut memperkuat kesulitan peserta didik dalam membedakan karakteristik gelombang transversal dari gelombang longitudinal sebagaimana dilaporkan Haerunnisa, et al. (2022).

Secara kurikuler, materi gelombang mekanik baik di jenjang sekolah menengah maupun perguruan tinggi juga lazim disusun sebagai satu rangkaian topik yang berurutan – mulai dari karakteristik umum gelombang, gelombang transversal, gelombang longitudinal, hingga gelombang bunyi sebagai penerapannya – sehingga bagi mahasiswa calon guru, kajian yang mengintegrasikan ketiganya lebih mencerminkan alur pembelajaran yang kelak akan mereka rancang dan ajarkan sendiri di kelas, dibandingkan kajian yang memperlakukan setiap jenis gelombang sebagai topik yang terpisah. Dengan demikian, meskipun efektivitas PhET telah banyak dilaporkan dalam literatur, bukti empiris mengenai penerapannya pada mahasiswa calon guru fisika, khususnya dalam pembelajaran gelombang mekanik yang mengintegrasikan gelombang transversal, longitudinal, dan bunyi secara koheren, masih sangat terbatas. Fadillah, et al. (2026) sendiri menegaskan bahwa efektivitas PhET sangat bergantung pada konteks instruksional, jenjang pendidikan, dan topik spesifik yang dikaji, sehingga generalisasi lintas topik tidak dapat begitu saja dilakukan tanpa dukungan kajian empiris yang kontekstual. Kesenjangan itulah – belum tersedianya kajian yang secara khusus menguji penerapan PhET pada materi gelombang longitudinal, transversal, dan bunyi secara terintegrasi di jenjang perguruan tinggi – yang menjadi alasan utama dan dasar ilmiah penelitian ini dilaksanakan.

Berangkat dari kesenjangan tersebut, penelitian ini bermaksud mengkaji efektivitas penerapan media PhET Simulation dalam meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa program studi Pendidikan Fisika pada materi gelombang longitudinal, transversal, dan bunyi. Dalam kerangka OBE, hasil penelitian ini diharapkan dapat menyumbang masukan bagi

perancangan pengalaman belajar yang berorientasi pada capaian pembelajaran terukur bagi calon guru fisika, sekaligus menjadi alternatif solusi atas keterbatasan fasilitas laboratorium dan media pembelajaran interaktif di perguruan tinggi. Lebih jauh, temuan penelitian ini diharapkan menjadi rujukan bagi dosen dalam merancang pembelajaran fisika berbasis simulasi yang lebih terstruktur dan berbasis bukti, sekaligus membekali mahasiswa calon guru dengan pemahaman konsep dan model representasi yang kelak dapat mereka adaptasi dalam praktik mengajar. Atas dasar pertimbangan tersebut, penelitian dengan judul “Penerapan Media PhET Simulation untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Mahasiswa pada Materi Gelombang” dipandang relevan, baik secara teoretis maupun praktis, untuk dilaksanakan.

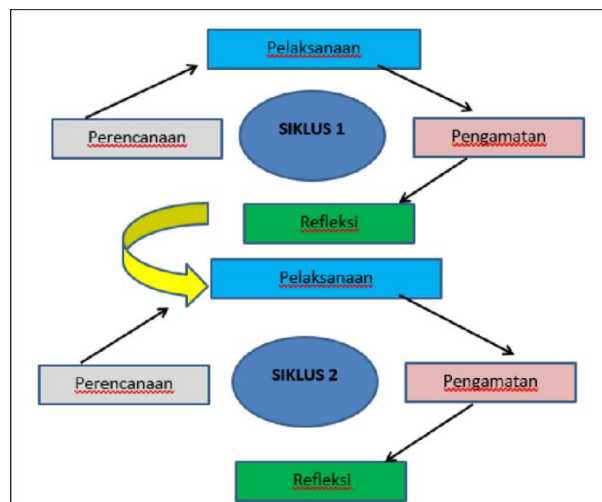
METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

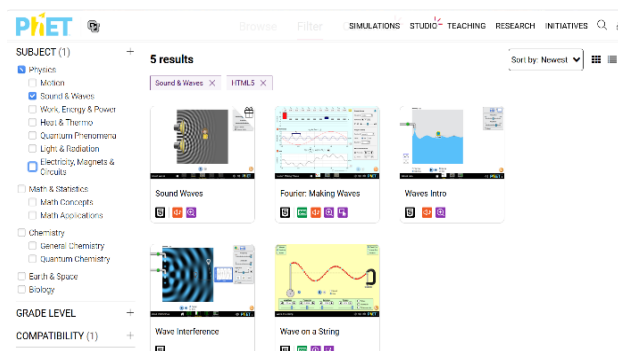
Penelitian ini menggunakan desain Penelitian Tindakan Kelas (PTK) atau *Classroom Action Research*. Model ini dipilih karena sifatnya yang reflektif dan siklikal, sehingga memungkinkan peneliti melakukan perbaikan pembelajaran secara bertahap berdasarkan hasil refleksi pada siklus sebelumnya. Penelitian dilaksanakan dalam dua siklus, dan setiap siklus terdiri atas empat tahapan yang saling berkesinambungan, yaitu:

1. Perencanaan (*planning*): menyusun Satuan Acara Perkuliahan (SAP) atau rencana pembelajaran semester (RPS) berbasis simulasi PhET, menyiapkan LKM (Lembar Kerja Mahasiswa), serta menyusun dan memvalidasi instrumen tes esai pemahaman konsep, memilih media PhET yang akan di gunakan pada saat penelitian.
2. Pelaksanaan tindakan (*acting*): mahasiswa melakukan eksplorasi mandiri dan berkelompok menggunakan simulasi PhET “Wave on a String”, “Sound”, dan “Waves Intro” untuk mengamati karakteristik gelombang transversal, longitudinal, dan bunyi.

3. Pengamatan (*observing*): dosen/peneliti dan observer mengamati aktivitas dan keterlibatan mahasiswa selama proses pembelajaran berlangsung menggunakan lembar observasi.
4. Refleksi (*reflecting*): menganalisis hasil tes dan observasi untuk mengidentifikasi kekurangan pada siklus berjalan sebagai dasar perbaikan pada siklus berikutnya.



Gambar 1. Siklus Penelitian Tindakan Kelas



Gambar 2. Tampilan Media PhET Materi Gelombang

Subjek Penelitian

Subjek yang digunakan adalah 20 mahasiswa program studi pendidikan fisika semester VI Tahun ajaran 2026 yang menempuh matakuliah Dasar Gelombang Listrik dan Magnet. Penentuan sampel dilakukan melalui teknik *purposive sampling* dengan mempertimbangkan: (1) relevansi materi gelombang dengan capaian pembelajaran yang sedang berjalan, dan (2) kesiapan mahasiswa berpartisipasi secara penuh dalam seluruh rangkaian kegiatan penelitian. Penelitian dilakukan mulai tanggal 13 sampai 22 April 2026.

Instrumen Penelitian

Instrumen utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes pemahaman konsep gelombang dalam bentuk soal essay sebanyak 5 yang disusun berdasarkan ke lima indikator pemahaman konsep menurut depdiknas 2006 (dalam Tsurayya, A & Kurnianingrum, N.J., 2021) yaitu : (1) menyatakan ulang sebuah konsep (2) mengklasifikasikan objek menurut sifat tertentu (3) berikan contoh atau bukan contoh dari konsep (4) menyajikan konsep keberbagai bentuk representasi matematis (5) menentukan syarat perlu/ cukup suatu konsep. (6) menerapkan konsep dalam pemecahan masalah. Instrumen tes essay divalidasi melalui uji validitas isi (*content validity*) oleh dua orang dosen ahli fisika. Selain instrumen tes, penelitian ini juga dilengkapi dengan lembar observasi aktivitas mahasiswa dan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran sebagai data pendukung.

Tabel 1. Interpretasi Skor Pemahaman Konsep Mahasiswa ((Tsurayya, A. & Kurnianingrum, N.J., 2021)

Rentang Skor	Kategori
85,00 -100	Sangat baik
70,00 - 84,99	Baik
55,00 - 69,99	Cukup
40,00 - 54,99	Rendah
0,00 - 39,99	Sangat Rendah

Teknik Analisis Data

Data hasil tes esai dianalisis secara kuantitatif deskriptif dengan menghitung rata-rata skor, skor tertinggi dan terendah, serta persentase ketuntasan atau kriteria ketuntasan minimal skor ≥ 70 . Peningkatan pemahaman konsep antar siklus dianalisis menggunakan rumus N-Gain ternormalisasi. Data observasi aktivitas mahasiswa dianalisis secara deskriptif kualitatif untuk memperkuat interpretasi data kuantitatif serta menjadi bahan refleksi pada setiap akhir siklus.

Tabel 2. Kategori Skor N-Gain

Kategori N-Gain	Keterangan
$N\text{-Gain} > 0,7$	Tinggi
$0,3 < N\text{-Gain} \leq 0,7$	Sedang
$N\text{-Gain} \leq 0,3$	Rendah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil Siklus I

Pada Siklus I, pembelajaran dilaksanakan dengan mengintegrasikan simulasi PhET "Wave on a String" dan "Sound" dalam kegiatan perkuliahan. Berdasarkan hasil observasi, pelaksanaan tindakan masih menghadapi beberapa kendala, di antaranya keterbatasan waktu eksplorasi simulasi, sebagian mahasiswa belum terbiasa mengoperasikan parameter pada simulasi secara mandiri, dan diskusi kelas belum sepenuhnya mengarahkan mahasiswa untuk menghubungkan hasil pengamatan simulasi dengan konsep matematisnya. Hasil pretest dan posttest pemahaman konsep mahasiswa pada Siklus I disajikan pada Tabel 3.

Hasil Siklus II

Berdasarkan refleksi Siklus I, tindakan pada Siklus II diperbaiki dengan menambah alokasi waktu eksplorasi simulasi, menyediakan panduan LKM yang lebih terstruktur, serta memperkuat diskusi kelompok untuk mengaitkan hasil simulasi dengan persamaan gelombang. Simulasi PhET "Waves Intro" juga ditambahkan untuk memperkuat visualisasi perbandingan gelombang transversal dan longitudinal secara berdampingan. Hasil pretest dan posttest pemahaman konsep mahasiswa pada Siklus II turut disajikan pada Tabel 3.

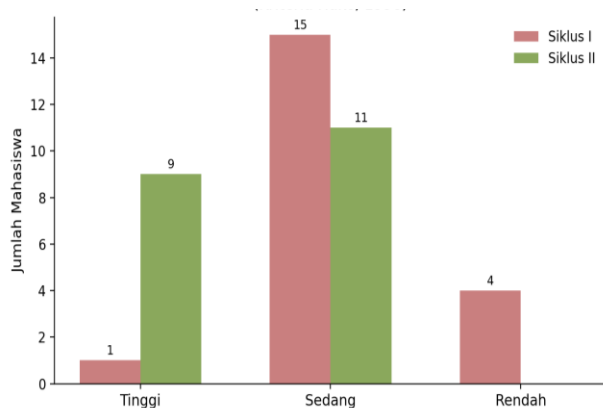
Tabel 3. Statistik Deskriptif Hasil Pretest dan Posttest Silklus I dan Siklus II

Aspek	Siklus I	Siklus II
Rata-rata pretest	44,65	58,85
Rata-rata posttest	67,45	87,15
Skor Minimum (Posttest)	46	66
Skor Maksimum (Posttest)	90	98
Simpangan Baku (Posttest)	10,22	10,17
Rata- Rata N-Gain	0,42(Sedang)	0,73(Tinggi)
Ketuntasan Klasikal (≥ 70)	9 dari 20 (45%)	19 dari 20 (95%)

Data pada Tabel 2 menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konsep mahasiswa dari Siklus I ke Siklus II. Rata-rata nilai posttest meningkat dari 67,45 menjadi 87,15, sedangkan ketuntasan klasikal meningkat dari 45% menjadi 95%. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa perbaikan tindakan yang dilakukan pada Siklus II, khususnya penambahan waktu eksplorasi simulasi dan penguatan diskusi konseptual, berkontribusi terhadap peningkatan pemahaman mahasiswa.

Kriteria dan Distribusi N-Gain Pemahaman Konsep Mahasiswa

Rata-rata N-Gain meningkat dari 0,42 (kategori sedang) pada Siklus I menjadi 0,73 (kategori tinggi) pada Siklus II. Pada Siklus I, mayoritas mahasiswa (15 orang) berada pada kategori N-Gain sedang dan 4 orang pada kategori rendah, yang mengindikasikan bahwa sebagian mahasiswa masih mengalami kesulitan mengaitkan hasil pengamatan simulasi dengan konsep gelombang secara utuh, khususnya dalam membedakan arah rambat dan arah getar pada gelombang transversal dan longitudinal. Pada Siklus II, jumlah mahasiswa dengan kategori N-Gain tinggi meningkat menjadi 9 orang dan tidak ada lagi mahasiswa pada kategori rendah, menunjukkan bahwa perbaikan tindakan berhasil mengatasi kendala yang ditemukan pada siklus sebelumnya.



Gambar 3. N-Gain Siklus I dan Siklus II

Capaian Setiap Indikator Pemahaman Konsep

Analisis lebih lanjut terhadap capaian tiap indikator pemahaman konsep pada siklus II disajikan pada tabel 4. Dan kategori rentang skor mulai dari siklus I sampai Siklus II dapat dilihat pada tabel 5. Diperoleh nilai pada siklus

I kategori rendah memiliki jumlah paling tinggi pada pretest yaitu 13 orang, dan sangat rendah 6 orang dan posttest kategori baik dan cukup berjumlah 8 orang. Sedangkan siklus II jumlah paling tinggi pretest kategori cukup 13 orang dan posttest sangat baik 13 orang juga.

Tabel 4. Capaian Indikator Pemahaman Konsep pada Siklus II

Indikator Pemahaman konsep	Persentase
Menyatakan ulang konsep	88 %
Mengklasifikasi objek	80 %
Memberi contoh konsep	76 %
Representasi matematis	79 %
Menentukan syarat perlu/cukup suatu konsep	74 %
Menerapkan konsep dalam penecahan masalah	84 %

Tabel 5. Kategori Rentang Skor Siklus I dan Siklus II

Kategori Rentang Skor	Siklus I Pretest/Posttest	Siklus II pretest/posttest
Sangat baik	0 1	0 13
Baik	0 8	3 6
Cukup	1 8	13 1
Rendah	13 3	2 0
Sangat rendah	6 0	2 0

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan media PhET Simulation pada materi gelombang mampu meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa secara bertahap dari siklus I ke siklus II. Peningkatan ini sejalan dengan karakteristik media simulasi PhET yang bersifat interaktif dan memvisualisasikan konsep abstrak, seperti pola rapatan-renggangan pada gelombang longitudinal, Panjang gelombang transversal serta perambatan gelombang bunyi, menjadi representasi visual dan dinamis yang lebih mudah dipahami mahasiswa dibandingkan penjelasan secara verbal maupun gambar statis pada buku teks.

Pada siklus I, kendala yang muncul lebih banyak berkaitan dengan adaptasi mahasiswa terhadap metode pembelajaran berbasis eksplorasi mandiri menggunakan simulasi, sehingga sebagian mahasiswa belum optimal

dalam mengaitkan hasil pengamatan visual dengan konsep matematis gelombang. Hal ini menyebabkan masih ditemukannya miskonsepsi, khususnya dalam membedakan arah rambat dan arah getar pada gelombang longitudinal dan transversal. Refleksi terhadap kendala tersebut mendorong perbaikan tindakan pada siklus II, antara lain dengan memperjelas petunjuk penggunaan simulasi dan memperkuat bimbingan dosen selama proses eksplorasi.

Perbaikan tindakan pada siklus II terbukti efektif menurunkan miskonsepsi mahasiswa dan meningkatkan rata-rata skor pemahaman konsep. Pembahasan submateri gelombang bunyi yang dikaitkan secara eksplisit dengan submateri gelombang transversal dan longitudinal yang telah dipelajari sebelumnya turut membantu mahasiswa membangun pemahaman konsep yang lebih utuh dan bermakna, sesuai dengan prinsip pembelajaran bermakna yang menekankan pentingnya keterkaitan antara konsep baru dan konsep yang telah dimiliki mahasiswa sebelumnya. Selain itu, peningkatan keaktifan mahasiswa dalam diskusi kelompok pada siklus II menunjukkan bahwa media simulasi PhET tidak hanya berperan sebagai alat bantu visualisasi, tetapi juga mendorong terjadinya interaksi dan negosiasi makna antarmahasiswa dalam proses konstruksi pengetahuan.

Secara keseluruhan, temuan ini memperkuat pandangan bahwa media simulasi berbasis teknologi seperti PhET dapat menjadi alternatif strategi pembelajaran yang efektif untuk mengatasi keterbatasan media konvensional dalam menjelaskan konsep-konsep gelombang yang bersifat abstrak dan dinamis, sekaligus relevan diterapkan dalam konteks pembelajaran fisika di perguruan tinggi yang menuntut pemahaman konsep secara mendalam, bukan sekadar hafalan rumus.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya Irwan, A. *et al.* (2025) bahwa simulasi PhET mampu meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa, Khususnya yang berhubungan dengan fisika dan sains secara umum (Sutaji, H. I., Warsito, A. & Bernandus, 2025). Peningkatan pemahaman konsep pada penelitian ini juga sejalan dengan

hasil kajian yang melaporkan bahwa aplikasi PhET secara signifikan meningkatkan hasil belajar kognitif mahasiswa pada materi gelombang berjalan dan gelombang stasioner dibandingkan pembelajaran tanpa simulasi. Penggunaan simulasi PhET dinilai efektif karena mampu memvisualisasikan besaran-besaran gelombang seperti amplitudo, frekuensi, dan panjang gelombang secara dinamis dan dapat dimanipulasi secara langsung oleh mahasiswa, sehingga membantu mengurangi miskonsepsi yang selama ini sulit diperbaiki melalui pembelajaran konvensional.

Pada aspek gelombang bunyi, hasil penelitian ini juga memperkuat temuan bahwa simulasi PhET berpengaruh terhadap pemahaman mahasiswa mengenai konsep gelombang bunyi, khususnya dalam memahami perambatan bunyi melalui medium dan hubungan antara frekuensi dengan tinggi rendah nada. Mahasiswa pada penelitian ini menunjukkan peningkatan pemahaman yang cukup besar pada soal-soal terkait mekanisme perambatan bunyi setelah menggunakan simulasi "Sound", karena mereka dapat mengamati secara langsung rapatan dan renggangan partikel medium yang sebelumnya sulit dibayangkan secara abstrak.

Selain itu, penguatan diskusi kelompok yang mengaitkan hasil eksplorasi simulasi dengan representasi matematis pada Siklus II turut berkontribusi terhadap peningkatan kategori N-Gain. Hal ini sesuai dengan pandangan bahwa penguasaan konsep gelombang mahasiswa dapat ditingkatkan melalui pendekatan yang melibatkan multi representasi, baik representasi verbal, matematis, maupun visual, karena mahasiswa yang mampu menggunakan lebih dari satu bentuk representasi cenderung lebih ahli dalam memecahkan masalah gelombang. Meskipun hasil penelitian menunjukkan peningkatan yang signifikan, masih terdapat beberapa mahasiswa pada Siklus II yang berada pada kategori N-Gain sedang. Hal ini mengindikasikan bahwa faktor kesiapan awal mahasiswa dan intensitas latihan mandiri dalam mengeksplorasi simulasi turut memengaruhi variasi pencapaian pemahaman konsep antarindividu, sehingga perlu menjadi perhatian pada penelitian atau tindakan lanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tindakan kelas yang telah dilaksanakan dalam dua siklus, dapat disimpulkan bahwa penerapan media PhET *Simulation* efektif meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa pada materi gelombang, yang meliputi gelombang transversal, longitudinal, dan bunyi. Peningkatan ditunjukkan oleh kenaikan rata-rata nilai posttest dari 67,45 pada Siklus I menjadi 87,15 pada Siklus II, kenaikan rata-rata N-Gain dari 0,42 (kategori sedang) menjadi 0,73 (kategori tinggi), serta peningkatan ketuntasan klasikal dari 45% menjadi 95%. Perbaikan tindakan berupa penambahan waktu eksplorasi simulasi, penguatan panduan LKM, dan penguatan diskusi konseptual pada Siklus II terbukti berperan penting dalam mengatasi kendala yang ditemukan pada Siklus I. Penelitian ini menyarankan agar dosen pengampu mata kuliah gelombang dapat mengintegrasikan simulasi PhET secara terstruktur disertai panduan eksplorasi yang jelas untuk mengoptimalkan pemahaman konsep mahasiswa, serta perlunya penelitian lanjutan dengan melibatkan kelompok pembanding untuk memperkuat generalisasi hasil temuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, Siregar, E., & Fadillah, R. (2026). Pengembangan lembar kerja mahasiswa berbantuan aplikasi PhET pada materi hukum Archimedes. *EKSAKTA: Jurnal Penelitian dan Pembelajaran MIPA*, 11(1), 109-116.
- Agustina, I. I., Wiyono, K., Marlina, L., & Rahman, N. F. A. (2025). Pengaruh simulasi PhET terhadap pemahaman siswa mengenai konsep gelombang bunyi di sekolah menengah. *Jurnal Education and Development*, 13(1), 63-65.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-198. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2021). Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of literature. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), 023108. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEduRes.17.023108>
- Ermawati, I. R., Dasmu, Sugianto, Martin, Sitorus, O. F., Ramza, H., & Lismawati. (2026). Experience learning cycle-based classroom management: Prophetic integrated PhET virtual labs to enhance students' understanding of wave concepts. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 14(1), 206-219. <https://doi.org/10.26618/5p6pg776>
- Fadillah, M. A., Alawyah, K., Syafrijon, S., & Usmeldi, U. (2026). Meta-analysis of the effectiveness of PhET simulations in physics education. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 22(2), 21-37. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v22i02.59007>
- Haerunnisa, H., Prasetya, P., & Biru, L.T. (2022). Analisis Miskonsepsi siswa SMP pada konsep getaran dan gelombang. *PENDIPA journal of science Education*, 6(2)(428-433). <https://doi.org/10.33369/pendipa.6.2.428-433>
- Irwan, A. Munandar, A. Nurhikmah, & Sundari, D.T. (2025). Integrasi Teknologi PhET Simulation dalam LKPD: Solusi Inovatif Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Mahasiswa. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*. 13 (1), 27-37
- Kristianto, K., Kii, O. A., & Dewa, E. (2023). Penerapan simulasi PhET sebagai virtual laboratorium pada materi getaran, gelombang dan bunyi dalam meningkatkan pemahaman konsep dan aktivitas belajar peserta didik kelas VIII SMP Negeri 3 Kupang. *MAGNETON: Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, 1(1), 37-44. <https://doi.org/10.30822/magneton.v1i1.2046>
- Ledjab, F. A. W., Koli, K., Tahu, M. V. F., & Dewa, E. (2024). Inovasi pembelajaran fisika: Integrasi problem based learning dan simulasi PhET pada materi gelombang dan bunyi. *MAGNETON: Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, 2(2), 112-119.

- Maries, A., Brundage, M. J., & Singh, C. (2022). Using the Conceptual Survey of Electricity and Magnetism to investigate progression in student understanding from introductory to advanced levels. *Physical Review Physics Education Research*, 18(2), 020114. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEduRes.18.020114>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- NS, I., Usman, Dahlan, A., & Setiawan, T. (2025). The implementation of PhET simulation media to improve the understanding of physics concepts. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 9(3), 411-424. <https://doi.org/10.20527/jipf.v9i3.16573>
- Piaget, J. (1970). *Science of education and the psychology of the child*. Orion Press.
- Sutaji, H.I., Warsito, A. & Bernandus. (2025). Konsep Fisika dan PhEt Sebagai Alternatif Media Pembelajarannya. *Alkhidmah: Jurnal Pengabdian dan Kemitraan Masyarakat*. 3(2), 69-76.
- Tsurayya, A. & Kurnianingrum, N.J. (2021). Analisis Kemampuan Pemahaman Konsep Mahasiswa dalam Menyelesaikan Soal Persamaan Diferensial Ditinjau dari Gaya Kognitif. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*. 05(3), 2385-2397
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.