

Pemanfaatan *Virtual Laboratory PhET* dalam Pengembangan Lembar Kerja Praktikum Guna Meningkatkan Pemahaman Konsep Gelombang Bunyi

Silvia Anggri Wijaya*, Paulus G. D. Lasmono, Adeline Silaban, Wilda Wijayani P

Pendidikan Fisika, Universitas Cenderawasih, Jayapura

*Corresponding author. email: silvianggriwijaya@gmail.com

Receipt : 10/04/2026; Revision : 27/04/2026; Accepted : 27/06/2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis kelayakan lembar kerja praktikum yang dikembangkan melalui pemanfaatan *Virtual Laboratory PhET* berdasarkan penilaian ahli media dan materi, serta untuk mengetahui peningkatan pemahaman konsep gelombang bunyi. Berdasarkan hasil observasi di kelas, pemahaman konsep mahasiswa pada materi gelombang bunyi masih tergolong rendah di mana nilai rata-rata tes diagnostik mahasiswa yang belum mencapai standar ketuntasan yang diharapkan serta mahasiswa belum bisa mengaitkan representasi matematis dengan fenomena fisis yang berkaitan dengan gelombang bunyi dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, lembar kerja praktikum dirancang untuk mendukung proses eksplorasi konsep melalui simulasi interaktif yang memungkinkan mahasiswa mengamati dan memvisualisasikan fenomena gelombang bunyi secara lebih konkret. Penelitian ini menggunakan model pengembangan 4-D yang meliputi tahap Define, Design, Develop, dan Disseminate. Instrumen penelitian yang digunakan berupa lembar validasi untuk menilai kelayakan lembar kerja praktikum oleh ahli media dan ahli materi, serta tes pemahaman konsep untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep mahasiswa. Analisis kelayakan produk dilakukan menggunakan skala Likert, sedangkan peningkatan pemahaman konsep dianalisis dengan perhitungan *n-gain*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lembar kerja praktikum yang memanfaatkan *Virtual Laboratory PhET* pada materi gelombang bunyi dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran. Rerata skor penilaian dari ahli media sebesar 3,505 dan dari ahli materi sebesar 3,53 yang termasuk dalam kategori sangat baik. Selain itu, hasil tes pemahaman konsep menunjukkan adanya peningkatan yang tinggi dengan rata-rata skor *n-gain* sebesar 0,70 yang berada pada kategori tinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa pemanfaatan *Virtual Laboratory PhET* dalam pengembangan lembar kerja praktikum efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep gelombang bunyi.

Kata kunci: gelombang bunyi, lembar kerja praktikum, pemahaman konsep, virtual laboratory PhET

ABSTRACT

*This study aims to analyze the feasibility of the practicum worksheet developed through the utilization of the Virtual Laboratory PhET based on the assessment of media and material experts, and to determine the improvement in understanding of the concept of sound waves. Based on classroom observations, students' conceptual understanding of sound waves remains relatively low, as indicated by average diagnostic test scores that have not yet reached the expected mastery standard. In addition, students are not yet able to relate mathematical representations to physical phenomena associated with sound waves in everyday life. Therefore, the practicum worksheet is designed to support the concept exploration process through interactive simulations that allow students to observe and visualize the sound wave phenomenon more concretely. This study uses a 4-D development model that includes the Define, Design, Develop, and Disseminate stages. The research instruments used are validation sheets to assess the feasibility of the practicum worksheet by media and material experts, and a concept understanding test to measure the improvement in students' conceptual understanding. The product feasibility analysis was carried out using a Likert scale, while the improvement in conceptual understanding was analyzed using *n-gain* calculations. The results of the study indicate that the practicum worksheet utilizing the Virtual Laboratory PhET on the sound wave material is declared feasible for use in learning. The average assessment score from media experts was 3.505 and from material experts was 3.53, which is considered very good. Furthermore, the conceptual understanding test results showed a significant improvement, with an average *n-gain* score of 0.70, which is considered high. These findings indicate that the use of the PhET Virtual Laboratory in developing practical worksheets is effective in improving understanding of the concept of sound waves.*

Keywords: concept understanding, practical worksheets, phet virtual laboratory, sound waves

1. PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari berbagai fenomena alam melalui proses pengamatan, eksperimen, serta perumusan konsep dalam bentuk model dan persamaan matematis (Mahardika dkk., 2023). Oleh sebab itu, pembelajaran fisika tidak hanya menekankan pada penguasaan konsep secara teoritis, tetapi juga pada kemampuan melakukan penyelidikan ilmiah melalui kegiatan praktikum serta keterampilan dalam menganalisis fenomena fisika secara sistematis (Dahlan dkk., 2025). Salah satu materi penting dalam fisika dasar adalah gelombang bunyi, yang membahas tentang karakteristik gelombang, seperti frekuensi, amplitudo, cepat rambat bunyi, serta proses perambatan bunyi melalui berbagai medium. Konsep ini memiliki keterkaitan yang erat dengan berbagai fenomena dalam kehidupan sehari-hari, sehingga pemahaman konseptual maupun eksperimental terhadap materi tersebut menjadi penting bagi mahasiswa (Amalia & Rini, 2025).

Berdasarkan hasil observasi di lingkungan Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Cenderawasih, pemahaman konsep mahasiswa pada materi gelombang bunyi masih tergolong rendah. Hal ini dapat dilihat dari nilai rata-rata hasil tes diagnostik mahasiswa, yaitu 59 dengan persentase mahasiswa yang belum tuntas sebesar 73%. Selain itu, berdasarkan hasil wawancara dengan dosen pengampu sebelumnya, mahasiswa belum bisa menghubungkan representasi matematis dengan fenomena fisis yang berkaitan dengan gelombang bunyi dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, ditemukan beberapa kesulitan konseptual yang sering dialami mahasiswa, seperti membedakan pengertian frekuensi dan amplitudo gelombang bunyi, memahami pengaruh kedua besaran tersebut terhadap tinggi nada dan kuat bunyi, serta menjelaskan hubungan antara cepat rambat bunyi dengan medium perambatannya. Tidak sedikit mahasiswa yang masih memiliki miskonsepsi bahwa bunyi merambat dengan kecepatan yang sama pada semua medium atau menganggap frekuensi memengaruhi cepat rambat bunyi. Kondisi ini menunjukkan bahwa materi gelombang bunyi masih menjadi salah satu topik yang sulit dipahami karena melibatkan konsep-konsep abstrak yang tidak dapat diamati secara langsung. Kemudian diketahui bahwa mahasiswa sering mengalami kesulitan dalam menghubungkan konsep-konsep pada gelombang bunyi, seperti hubungan antara frekuensi, panjang gelombang, dan cepat rambat bunyi, dengan hasil pengamatan praktikum maupun penyelesaian soal yang berbasis masalah kontekstual.

Permasalahan tersebut juga dipengaruhi oleh keterbatasan pelaksanaan kegiatan praktikum di laboratorium, baik dari segi waktu, ketersediaan alat, maupun kesempatan bagi mahasiswa untuk mengeksplorasi konsep secara mandiri. Lembar kerja praktikum yang digunakan selama ini masih bersifat konvensional dan belum memanfaatkan media interaktif yang dapat membantu visualisasi konsep secara dinamis. Kondisi ini menyebabkan mahasiswa kurang memperoleh pengalaman belajar yang mendalam dan eksploratif dalam memahami konsep gelombang bunyi.

Seiring dengan perkembangan teknologi digital, pemanfaatan Virtual Laboratory seperti PhET Simulation dapat menjadi salah satu solusi inovatif dalam pembelajaran fisika. Virtual Laboratory PhET memungkinkan mahasiswa melakukan eksperimen secara interaktif, memanipulasi berbagai variabel, serta mengamati perubahan fenomena secara langsung tanpa terbatas oleh ketersediaan alat maupun waktu (Fauza dkk., 2025). Integrasi PhET ke dalam lembar kerja praktikum diharapkan mampu memfasilitasi proses inkuiri, memperkuat pemahaman konsep, serta meningkatkan keterlibatan aktif mahasiswa dalam proses pembelajaran (Hajar dkk., 2025).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual mampu meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan proses sains, serta keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran (Hermana dkk., 2022). Temuan tersebut juga didukung oleh penelitian internasional yang melaporkan bahwa simulasi PhET efektif membantu mahasiswa memvisualisasikan konsep-konsep fisika yang abstrak sehingga meningkatkan pemahaman konseptual dan hasil belajar (Almadrones & Tadifa, 2024). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa laboratorium virtual mampu meningkatkan kemampuan berpikir ilmiah, pengambilan

keputusan, serta menjadi alternatif yang efektif ketika praktikum konvensional memiliki keterbatasan fasilitas maupun waktu (Abdelmoneim dkk., 2022; Abdulwahed & Nagy, 2014).

Pada materi gelombang bunyi, mahasiswa sering mengalami miskonsepsi dan kesulitan dalam memahami konsep-konsep dasar, seperti perbedaan antara frekuensi dan amplitudo, pengaruh frekuensi terhadap tinggi rendah nada, pengaruh amplitudo terhadap kuat lemah bunyi, serta hubungan antara cepat rambat bunyi dengan karakteristik medium perambatannya. Kesulitan tersebut umumnya disebabkan oleh sifat gelombang bunyi yang abstrak dan tidak dapat diamati secara langsung. Media pembelajaran berbasis simulasi interaktif dinilai efektif dalam membantu mahasiswa memvisualisasikan konsep yang bersifat abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami (Alfahinsa & Fauziah, 2025). Melalui Virtual Laboratory PhET, mahasiswa dapat mengamati secara langsung perubahan bentuk gelombang akibat variasi frekuensi dan amplitudo, serta mengeksplorasi pengaruh medium terhadap perambatan bunyi melalui simulasi interaktif. Dengan demikian, penggunaan PhET dapat membantu mengurangi miskonsepsi dan meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa pada materi gelombang bunyi. Oleh karena itu, pengembangan lembar kerja praktikum yang terintegrasi dengan Virtual Laboratory PhET menjadi salah satu alternatif strategis untuk meningkatkan kualitas pembelajaran fisika, khususnya pada materi gelombang bunyi.

2. METODE PENELITIAN

Penerapan metode dalam penelitian ini ialah *Research and Development* (R&D), di mana bertujuan menghasilkan suatu produk. Penelitian ini mengembangkan produk lembar kerja praktikum berbasis Virtual Laboratory PhET. Prosedur pengembangannya yaitu pengembangan model 4D (Sugiyono, 2015). Penelitian ini mengembangkan produk lembar kerja praktikum berbasis Virtual Laboratory PhET. Prosedur pengembangannya yaitu pengembangan model 4D (Sugiyono, 2015). Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan *purposive sampling*, yaitu teknik penentuan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu yang sesuai dengan tujuan penelitian. Sampel dipilih dari mahasiswa yang sedang menempuh mata kuliah Fisika Eksperimen I dan telah memperoleh materi gelombang bunyi. Pemilihan kelompok tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa mahasiswa memiliki karakteristik yang relevan dengan tujuan penelitian, yaitu mengidentifikasi efektivitas lembar kerja praktikum terintegrasi *Virtual Laboratory PhET* dalam meningkatkan pemahaman konsep gelombang bunyi. Selain itu, mahasiswa yang dipilih belum pernah menggunakan lembar kerja praktikum berbasis PhET pada materi yang sama sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai pengaruh penggunaan media yang dikembangkan.

Tahap definisi yaitu mendefinisikan kegiatan dalam memenuhi kebutuhan-kebutuhan sebelum dilakukan pengembangan dan tahap di mana informasi dikumpulkan berdasarkan studi lapangan maupun literatur terkait produk yang akan dikembangkan. Tahap selanjutnya, yakni *design* dimulai dengan merancang perangkat awal lembar kerja praktikum. Selanjutnya, merumuskan sub-capaian pembelajaran mata kuliah terlebih dahulu sebelum melakukan desain lembar kerja praktikum. Sub-capaian tersebut menjadi dasar menentukan desain dalam merancang produk awal. Tahapan *develop* yaitu tahapan menilai produk oleh ahli. Terakhir tahap *disseminate* yaitu penyebarluasan produk yang telah dikembangkan kepada mahasiswa. Subjek penelitian ini adalah mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Cenderawasih yang sedang menempuh mata kuliah Fisika Eksperimen 1 pada semester 4. Sampel penelitian terdiri atas 15 mahasiswa. Karakteristik responden dalam penelitian ini meliputi mahasiswa dengan kemampuan akademik yang beragam berdasarkan hasil belajar pada mata kuliah fisika eksperimen I, sehingga dapat memberikan gambaran yang representatif mengenai efektivitas produk yang dikembangkan dalam meningkatkan pemahaman konsep gelombang bunyi.

Instrumen yang digunakan yakni lembar penilaian produk dan soal tes. Untuk menilai kelayakan produk, data dianalisis menggunakan skala baku. Validasi lembar kerja praktikum dilakukan oleh para ahli, dan hasilnya dianalisis secara kuantitatif untuk menentukan kualitasnya. Validasi produk dilakukan oleh dua orang validator yang terdiri atas satu ahli

materi dan satu ahli media. Ahli materi merupakan dosen Pendidikan Fisika yang memiliki pengalaman mengajar pada bidang Fisika Dasar serta pengembangan pembelajaran fisika. Sementara itu, ahli media merupakan dosen yang memiliki keahlian dalam bidang teknologi pembelajaran, pengembangan media pembelajaran digital, dan integrasi teknologi dalam proses pembelajaran. Semua data dari setiap komponen penilaian yang ada dalam instrumen penilaian, yang telah dikumpulkan dari seluruh validator, ditabulasi. Selanjutnya, nilai rata-rata tiap komponen dihitung menggunakan persamaan yang diberikan.

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (1)$$

Dengan $\bar{X}$ adalah skor rata-rata, n adalah jumlah penilai, dan $\sum x$ adalah jumlah skor. Nilai rerata skor tiap aspek yang diperoleh dikonversikan menjadi data kualitatif berupa tingkat kelayakan produk. Pedoman konversi skor menjadi nilai skala lima bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Kriteria Penilaian

Interval Skor	Kategori
$X > \bar{X}_i + 1,80 \text{ sb}_i$	Sangat baik
$\bar{X}_i + 0,60 \text{ sb}_i < X \leq \bar{X}_i + 1,80 \text{ sb}_i$	Baik
$\bar{X}_i - 0,60 \text{ sb}_i < X \leq \bar{X}_i + 0,60 \text{ sb}_i$	Cukup
$\bar{X}_i - 1,80 \text{ sb}_i < X \leq \bar{X}_i - 0,60 \text{ sb}_i$	Kurang
$X \leq \bar{X}_i - 1,80 \text{ sb}_i$	Sangat kurang

(Widoyoko, 2011).

Dengan X adalah skor akhir rata-rata, $\bar{X}_i$ adalah rerata ideal, sb_i adalah simpangan baku ideal. Rerata ideal ($\bar{X}_i$) menggunakan rumus $= \frac{1}{2}$ (skor maksimal ideal + skor minimal ideal). Sedangkan untuk mencari simpangan baku ideal (sb_i) menggunakan rumus $= \frac{1}{6}$ (skor maksimal ideal + skor minimal ideal). Dengan catatan, skor maksimal ideal = Σ butir soal $\times$ skor maksimal. Untuk skor minimal ideal = Σ butir soal $\times$ skor minimal.

Pada penilaian kelayakan lembar kerja praktikum dilakukan dari segi materi dan media oleh *expert*. Sehingga untuk rentang kualitas kelayakan produk bisa dilihat di Tabel 2.

Tabel 2. Rentang Kualitas Kelayakan Produk

Rentang Skor	Kategori Kualitas
$X > 3,4$	Sangat baik
$2,9 < X \leq 3,4$	Baik
$2,2 < X \leq 2,8$	Cukup
$1,6 < X \leq 2,2$	Kurang
$X \leq 1,6$	Sangat kurang

Penilaian kelayakan media didasarkan pada aspek tampilan visual dan rekayasa perangkat lunak. Data kuantitatif yang diperoleh berupa skor dalam rentang 1-4, sementara data kualitatif mencakup saran dan komentar yang menjadi pertimbangan untuk revisi produk. Sementara itu, kelayakan materi lembar kerja praktikum dievaluasi berdasarkan aspek isi, bahasa, dan penyajian. Saran serta komentar merupakan data kualitatif yang digunakan untuk perbaikan produk, sedangkan data kuantitatif disajikan dalam bentuk skor dengan rentang 1-4.

Setelah dilakukan revisi yang berdasar pada saran para ahli, kemudian, dilakukan uji coba terhadap mahasiswa pendidikan fisika yang memiliki latar belakang heterogen, menggunakan instrumen yang sudah divalidasi oleh para ahli. Selanjutnya, untuk mengetahui peningkatan pemahaman konsep mahasiswa dianalisis dari nilai rata-rata gain yang dinormalisasi berdasarkan skor *pretest* dan *posttest* menggunakan gain standar dengan persamaan.

$$g = \frac{\text{posttest score} - \text{pretest score}}{\text{max possible score} - \text{pretest score}} \quad (2)$$

Berdasarkan nilai gain, peningkatan pemahaman konsep gelombang bunyi mahasiswa ada pada Tabel 3.

Nilai Gain	Kriteria
$g \geq 0,70$	Tinggi
$0,30 \leq g < 0,70$	Sedang
$g < 0,30$	Rendah

(Meltzer, 2002).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tampilan lembar kerja praktikum yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan Lembar Kerja Praktikum

Untuk penilaian media pada lembar kerja praktikum berdasarkan para ahli bisa dilihat di Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Penilaian Media Pada Lembar Kerja Praktikum Berbasis Virtual Laboratory PhET

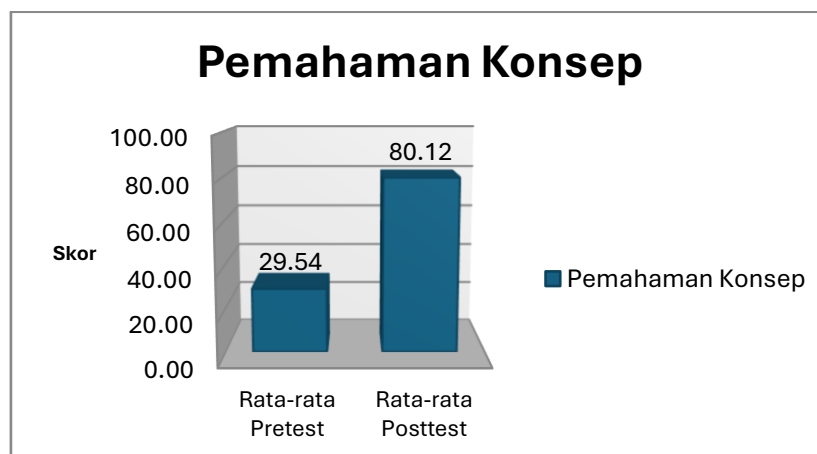
Aspek Media	Penilaian	Kategori
Tampilan visual	3,51	Sangat baik
Rekayasa perangkat lunak	3,50	Sangat baik
Rata-rata	3,505	Sangat baik

Berdasarkan Tabel 4, diperoleh rata-rata skor penilaian media sebesar 3,505 yang termasuk dalam kategori sangat baik. Aspek tampilan visual memperoleh skor rata-rata 3,51, sedangkan aspek rekayasa perangkat lunak memperoleh skor rata-rata 3,50. Hasil tersebut menunjukkan bahwa lembar kerja praktikum yang dikembangkan memiliki desain yang menarik, mudah digunakan, serta mampu mengintegrasikan Virtual Laboratory PhET dengan baik. Dengan demikian, dari aspek media, produk yang dikembangkan dinilai layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran fisika pada materi gelombang bunyi. Sedangkan kelayakan materi pada produk lembar kerja praktikum dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Penilaian Materi Pada Lembar Kerja Praktikum Berbasis *Virtual Laboratory PhET*

Aspek Materi	Penilaian	Kategori
Isi	3,53	Sangat baik
Bahasa	3,56	Sangat baik
Penyajian	3,51	Sangat baik
Rata-rata	3,53	Sangat baik

Berdasarkan Tabel 5, rata-rata skor penilaian materi sebesar 3,53 dengan kategori sangat baik. Aspek isi memperoleh skor 3,53, aspek bahasa memperoleh skor tertinggi yaitu 3,56, dan aspek penyajian memperoleh skor 3,51. Hasil ini menunjukkan bahwa materi yang disajikan dalam lembar kerja praktikum telah sesuai dengan capaian pembelajaran, menggunakan bahasa yang mudah dipahami, serta disusun secara sistematis. Oleh karena itu, lembar kerja praktikum yang dikembangkan dinilai memiliki kualitas materi yang layak untuk digunakan sebagai pendukung pembelajaran pada materi gelombang bunyi. Kemudian untuk peningkatan pemahaman konsep mahasiswa pada materi gelombang bunyi memperoleh rata-rata sebesar 0,70 yang berada pada kategori tinggi. Data tersebut dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2 pada nilai *pretest* dan *posttest*.



Gambar 2. Grafik Pemahaman Konsep Gelombang Bunyi

Penelitian ini menghasilkan produk berupa lembar kerja praktikum yang terintegrasi dengan Virtual Laboratory PhET pada materi gelombang bunyi. Setelah proses pengembangan produk selesai dilakukan, tahap berikutnya adalah melaksanakan uji validasi oleh ahli materi dan ahli media. Kegiatan validasi ini bertujuan untuk menilai kelayakan lembar kerja praktikum yang telah dikembangkan serta melakukan penyempurnaan berdasarkan masukan, saran, dan komentar dari para validator. Produk yang telah direvisi sesuai dengan rekomendasi para ahli kemudian diujicobakan kepada mahasiswa.

Tahap definisi dilakukan dengan menganalisis kebutuhan dosen dan mahasiswa dalam pelaksanaan praktikum fisika umum, khususnya pada materi gelombang bunyi. Pengembangan lembar kerja praktikum ini mengacu pada Rencana Pembelajaran Semester (RPS) mata kuliah Fisika Eksperimen 1. Integrasi Virtual Laboratory PhET dimaksudkan untuk memfasilitasi

mahasiswa dalam melakukan eksperimen virtual terkait karakteristik gelombang bunyi, seperti frekuensi, panjang gelombang, amplitudo, serta cepat rambat bunyi dalam berbagai kondisi.

Isi lembar kerja praktikum mencakup tujuan praktikum, kajian teori mengenai gelombang bunyi, langkah kerja berbasis simulasi PhET, aktivitas eksplorasi variabel, analisis data, serta pertanyaan yang mengarahkan pada pemahaman konsep. Mahasiswa diarahkan untuk memanipulasi parameter dalam simulasi, mengamati perubahan karakteristik gelombang bunyi, serta menarik kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan secara virtual. Setelah tahap pengembangan selesai, produk kemudian divalidasi oleh para ahli. Hasil penilaian dan rekomendasi dari validator digunakan sebagai dasar perbaikan hingga produk dinyatakan layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

Tabel 6. Hasil Revisi Produk Berdasarkan Masukan Validator

Validator	Saran Perbaikan	Sebelum revisi	Setelah revisi
Ahli Materi	Menambahkan penjelasan hubungan antara frekuensi, panjang gelombang, dan cepat rambat bunyi.	Materi hanya menjelaskan definisi masing-masing konsep secara terpisah.	Ditambahkan uraian dan contoh hubungan matematis antara frekuensi, panjang gelombang, dan cepat rambat bunyi.
Ahli Materi	Memperjelas petunjuk analisis data praktikum.	Petunjuk analisis masih singkat dan kurang terarah.	Ditambahkan langkah-langkah analisis data yang lebih rinci beserta contoh perhitungan.
Ahli Media	Memperbaiki tata letak gambar dan ukuran huruf pada lembar kerja.	Beberapa gambar terlalu kecil dan kurang jelas dibaca.	Ukuran gambar diperbesar dan tata letak disusun ulang agar lebih proporsional.
Ahli Media	Menambahkan petunjuk penggunaan simulasi PhET	Belum tersedia petunjuk penggunaan simulasi.	Ditambahkan panduan penggunaan simulasi PhET pada bagian awal kegiatan praktikum.

Berdasarkan masukan tersebut, produk direvisi hingga memenuhi kriteria kelayakan yang ditetapkan. Perbaikan yang dilakukan tidak hanya meningkatkan kualitas tampilan media, tetapi juga memperjelas penyajian materi dan aktivitas praktikum sehingga lebih mudah dipahami oleh mahasiswa. Setelah melalui proses revisi, lembar kerja praktikum kembali ditelaah dan dinyatakan layak untuk diujicobakan kepada mahasiswa.

Pada aspek media, rata-rata skor penilaian dari para ahli adalah 3,505 dengan kategori sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi Virtual Laboratory PhET dalam lembar kerja praktikum dinilai efektif dari segi tampilan, sistematika penyajian, serta keterpaduan aktivitas praktikum. Sementara itu, pada aspek materi yang meliputi kelayakan isi, penggunaan bahasa, dan penyajian materi, diperoleh rerata nilai sebesar 3,53 yang juga berada pada kategori sangat baik. Dengan demikian, lembar kerja praktikum yang dikembangkan dinyatakan layak untuk diterapkan dalam pembelajaran Fisika Eksperimen 1 pada materi gelombang bunyi.

Hasil validasi tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan Virtual Laboratory PhET mampu membantu visualisasi konsep gelombang bunyi secara lebih nyata dan interaktif. Melalui simulasi, mahasiswa dapat mengamati fenomena yang sulit dilakukan secara langsung di laboratorium konvensional serta memperoleh kesempatan untuk mengeksplorasi berbagai variabel secara lebih fleksibel. Hal ini sejalan dengan berbagai hasil penelitian yang menyatakan bahwa laboratorium virtual efektif dalam meningkatkan keterlibatan mahasiswa sekaligus membantu memahami konsep-konsep fisika yang bersifat abstrak.

Tahap selanjutnya adalah pelaksanaan uji coba untuk mengetahui peningkatan pemahaman konsep mahasiswa pada materi gelombang bunyi. Mahasiswa diberikan tes pemahaman konsep dalam bentuk pretest dan posttest. Berdasarkan hasil analisis n-gain, diperoleh nilai rata-rata

sebesar 0,70 yang termasuk dalam kategori tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan lembar kerja praktikum yang terintegrasi dengan Virtual Laboratory PhET efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa.

Peningkatan tersebut berkaitan dengan berkurangnya kesulitan konseptual yang sering dialami mahasiswa pada materi gelombang bunyi. Berdasarkan hasil observasi awal dan wawancara dengan dosen pengampu, mahasiswa umumnya mengalami kesulitan dalam memahami hubungan antara frekuensi, panjang gelombang, dan cepat rambat bunyi. Selain itu, masih ditemukan miskonsepsi bahwa amplitudo memengaruhi cepat rambat bunyi, padahal amplitudo hanya berkaitan dengan kuat-lemahnya bunyi. Mahasiswa juga cenderung menganggap bahwa frekuensi memengaruhi cepat rambat bunyi dalam medium yang sama, padahal cepat rambat bunyi lebih ditentukan oleh karakteristik medium perambatannya.

Melalui Virtual Laboratory PhET, mahasiswa dapat memanipulasi variabel frekuensi dan amplitudo secara langsung serta mengamati perubahan yang terjadi pada representasi gelombang bunyi. Simulasi ini memungkinkan mahasiswa melihat bahwa perubahan frekuensi akan memengaruhi panjang gelombang, sedangkan amplitudo memengaruhi intensitas bunyi tanpa mengubah cepat rambatnya. Selain itu, visualisasi interaktif membantu mahasiswa memahami pengaruh medium terhadap perambatan bunyi yang sulit diamati melalui praktikum konvensional. Dengan demikian, penggunaan PhET tidak hanya meningkatkan hasil belajar, tetapi juga membantu mengurangi miskonsepsi dan memperkuat pemahaman konseptual mahasiswa mengenai gelombang bunyi.

Pengembangan lembar kerja praktikum berbasis Virtual Laboratory PhET pada penelitian ini terbukti layak digunakan berdasarkan hasil validasi ahli media (3,505) dan ahli materi (3,53), serta mampu meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa dengan nilai *n-gain* sebesar 0,70 yang berada pada kategori tinggi. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Hermana dkk. (2022) yang menunjukkan bahwa implementasi laboratorium virtual mampu meningkatkan kualitas pembelajaran melalui peningkatan keterampilan proses sains dan motivasi belajar peserta didik. Meskipun penelitian tersebut berfokus pada peserta didik SMP, temuan penelitian ini memperlihatkan bahwa pemanfaatan laboratorium virtual juga memberikan dampak positif terhadap peningkatan pemahaman konsep pada mahasiswa.

Temuan penelitian ini juga konsisten dengan penelitian Hajar dkk. (2025) yang mengembangkan lembar kerja peserta didik berbasis *discovery learning* berbantuan simulasi PhET, di mana integrasi simulasi PhET dalam lembar kerja mampu membantu membangun pemahaman konsep melalui kegiatan eksplorasi. Demikian pula pada penelitian ini, integrasi Virtual Laboratory PhET dalam lembar kerja praktikum memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk melakukan eksplorasi variabel gelombang bunyi secara mandiri sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna dan berdampak pada peningkatan pemahaman konsep.

Selain itu, hasil penelitian ini mendukung penelitian Bogar dkk. (2023) yang menyatakan bahwa pengembangan laboratorium virtual efektif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik. Kesamaan hasil tersebut menunjukkan bahwa laboratorium virtual merupakan media pembelajaran yang efektif untuk mengatasi keterbatasan praktikum konvensional. Perbedaan, penelitian tersebut berfokus pada pengembangan laboratorium virtual sebagai media pembelajaran, sedangkan penelitian ini mengintegrasikan Virtual Laboratory PhET ke dalam lembar kerja praktikum pada materi gelombang bunyi sehingga mahasiswa tidak hanya memanfaatkan simulasi, tetapi juga dibimbing melalui aktivitas praktikum yang terstruktur untuk membangun pemahaman konsep secara sistematis.

Pengembangan lembar kerja praktikum berbasis Virtual Laboratory PhET merupakan salah satu bentuk inovasi dalam pembelajaran fisika di perguruan tinggi (Bogar dkk., 2023). Materi gelombang bunyi yang sering dianggap abstrak dapat divisualisasikan secara lebih dinamis melalui simulasi interaktif (Guntara dkk., 2025). Selain meningkatkan pemahaman konseptual, pengembangan ini juga memberikan pengalaman belajar berbasis teknologi kepada mahasiswa pendidikan kimia maupun fisika, sehingga dapat menjadi referensi dalam merancang pembelajaran yang inovatif ketika mereka berperan sebagai pendidik di masa mendatang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil rekapitulasi uji kelayakan yang dilakukan oleh ahli materi dan ahli media, serta tanggapan mahasiswa dan hasil analisis data yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan bahwa validasi terhadap lembar kerja praktikum yang terintegrasi dengan Virtual Laboratory PhET memperoleh nilai rata-rata sebesar 3,505 dari ahli media dengan kategori sangat baik. Sementara itu, hasil penilaian dari ahli materi menunjukkan nilai rata-rata sebesar 3,53 yang juga termasuk dalam kategori sangat baik.

Selanjutnya, berdasarkan hasil uji coba lapangan, diketahui bahwa penggunaan lembar kerja praktikum yang terintegrasi dengan Virtual Laboratory PhET mampu meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa pada materi gelombang bunyi. Hal ini ditunjukkan oleh hasil analisis n-gain yang memperoleh nilai rata-rata sebesar 0,70 dan termasuk dalam kategori tinggi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa lembar kerja praktikum yang dikembangkan layak digunakan sebagai panduan dalam kegiatan praktikum sekaligus sebagai media pembelajaran inovatif pada perkuliahan Fisika Eksperimen 1, khususnya pada materi gelombang bunyi.

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang diperoleh, beberapa rekomendasi dapat diajukan, yaitu: (1) lembar kerja praktikum yang dikembangkan dalam penelitian ini masih terbatas pada materi gelombang bunyi, sehingga penelitian selanjutnya dapat mengembangkan integrasi Virtual Laboratory PhET pada materi fisika lainnya; (2) pengembangan berikutnya disarankan untuk melengkapi instrumen penilaian yang tidak hanya berfokus pada aspek kognitif, tetapi juga mencakup aspek afektif, seperti minat, motivasi, dan sikap mahasiswa terhadap pembelajaran berbasis laboratorium virtual; serta (3) penelitian selanjutnya dapat dilakukan dalam jangka waktu yang lebih panjang dengan melibatkan lebih banyak perguruan tinggi agar diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai efektivitas penggunaan lembar kerja praktikum berbasis Virtual Laboratory PhET dalam pembelajaran fisika.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmoneim, R., Hassounah, E., & Radwan, E. (2022). Effectiveness of Virtual Laboratories on Developing Expert Thinking and Decision-Making Skills among Female School Students in Palestine. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(12).
- Abdulwahed, M., & Nagy, Z. K. (2014). The Impact of Different Preparation Modes on Enhancing the Undergraduate Process Control Engineering Laboratory: A Comparative Study. *Computer Applications in Engineering Education*, 22(1), 110–119.
- Alfahinsa, M. Z. M., & Fauziah, A. N. M. (2025). Analisis Respon Siswa Terhadap Media Simulasi Pada Materi Suhu dan Kalor. *PENSA E-JURNAL: PENDIDIKAN SAINS*, 13(3), 85–92. Retrieved from <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/pensa/article/view/73100>
- Almadrones, R. D., & Tadifa, F. G. (2024). Physics Educational Technology (PhET) Simulations in Teaching General Physics 1. *International Journal of Instruction*, 17(3), 635–650.
- Amalia, & Rini. (2025). Gelombang Longitudinal. *Jurnal Ilmiah Penelitian Mahasiswa*, 3(5), 113–122. <https://doi.org/10.61722/jipm.v3i5.1268>
- Bogar, D. Y., Jufriansah, A., & Prasetyo, E. (2023). Pengembangan Laboratorium Virtual untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik. *Buletin Edukasi Indonesia*, 2(03), 102–112. <https://doi.org/10.56741/bei.v2i03.397>
- Dahlan, A., Agustini, S., Yani, A., & Manarfah, L. (2025). Longitudinal Descriptive Study of Science Process Skill Growth in Basic Physics Practicum. *ARRUS Journal of Social Sciences and Humanities*, 5(5), 1201–1208. <https://doi.org/10.35877/soshum4417>
- Fauza, N., Yennita, M. Rahmad, Syaflita, D., & M Nor. (2025). Optimalisasi Pemanfaatan Virtual Laboratory dalam Pembelajaran IPA Fisika. *Aksiologi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 9(1), 14–24. <https://doi.org/10.30651/aks.v9i1.15981>
- Guntara, Y., Khairunnisa, K., Septiani, N., Listiyani, H., Nurfadilah, A., Muna, C. N., Dewi, S., & Hakim, H. R. (2025). Modernizing Physics Learning: MGMP IPA Cilegon Integrates Deep Learning and Phet in Vibrations, Waves, and Sound Materials. *Jurnal Pengabdian Pendidikan Masyarakat (JPPM)*, 6(2), 368–374. <https://doi.org/10.52060/jppm.v6i2.3431>

- Hajar, S., Lasmono S, P. G. D., Purnama, U., Silaban, A., & Virman. (2025). Development of Student Worksheets Based on Discovery Learning Assisted by PhET Interactive Simulations. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 8(2), 393–402. <https://doi.org/10.37891/kpej.v8i2.993>
- Hermana, A. H. D., Subekti, H., & Sabtiawan, W. B. (2022). Implementasi Laboratorium Virtual untuk Meningkatkan Motivasi Belajar dan Keterampilan Proses Sains Siswa SMP dalam Pembelajaran IPA. *Pensa E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 10(2), 233–239. <https://doi.org/10.26740/pensa.v10i2.45012>
- Mahardika, I. K., Sari, E., Handono, S., Aqilla M, S. L., Faruqi, R., Ramadani, A., & Al-Jufri, Z. (2023). Hakikat dan Fungsi Sains Dalam Pembelajaran Fisika. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(6), 3955–3964.
- Meltzer, D. E. (2002). The Relationship Between Mathematics Preparation and Conceptual Learning Gains in Physics: A Possible “Hidden Variable” in Diagnostic Pretest Scores. *American Journal of Physics*, 70(12), 1259–1269.
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Widoyoko, E. . (2011). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.