



Integrasi Teknologi PhET Simulation dalam LKPD: Solusi Inovatif Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Mahasiswa

Anas Irwan*, Aris Munandar, Nurhikmah, Dewi Tri Sundari

Universitas Negeri Makassar

*Corresponding Address: anas.irwan@unm.ac.id

Info Artikel	Abstrak
<i>Riwayat artikel</i> Dikirim: 2024-12-23 Direvisi: 2025-04-30 Diterima: 2025-05-01 <i>Kata Kunci:</i> Pemahaman Konsep; PhET; Suhu dan Kalor DOI: 10.24252/jpf.v13i1.53679	Penelitian yang dilakukan adalah penelitian pra eksperimen dimana memiliki tujuan untuk melihat apakah terdapat perbedaan pemahaman konsep fisika mahasiswa sebelum dan setelah diajar menggunakan LKPD berbasis PhET simulation mahasiswa Semester I Prodi Pendidikan Fisika UIN Alauddin Makassar Tahun 2024. Jenis Penelitian yang digunakan metode pra eksperimen (Pre-eksperimen) dengan desain One Group Pretest Posttest Design. Populasi dalam penelitian ini mahasiswa mahasiswa semester I kelas B yang berjumlah 35 orang dengan Teknik penarikan sampel yaitu Purposive Sampling. Instrumen yang digunakan yaitu soal untuk mengukur pemahaman konsep. Hasil analisis deksriptif menunjukkan bahwa rata-rata skor hasil skor pemahaman konsep sebelum menggunakan LKPD berbasis PhET simulation sebesar 47.50, sedangkan rata-rata nilai pemahaman konsep mahasiswa setelah diajar dengan menggunakan LKPD berbasis PhET simulation sebesar 76.00. Sementara teknik analisis data yang dipakai merupakan teknik analisis deskriptif, uji normalitas, uji homogenitas, dan uji hipotesis dengan nilai signifikansi sebesar 0,05. Sedangkan berdasarkan hasil pengujian hipotesis diperoleh nilai T_{hitung} sebesar 5,43, sementara T_{tabel} pada taraf signifikansi tertentu adalah 2,08. Karena $T_{hitung} > T_{tabel}$. Berdasarkan hal tersebut oleh karena itu H_1 diterima dan H_0 ditolak, yang artinya bahwa terdapat perbedaan peningkatan pemahaman konsep fisika mahasiswa setelah diterapkan LKPD berbasis PhET simulation. <i>Abstract</i> The research conducted is a pre-experimental research which has the aim to see if there are differences in the understanding of student physics concepts before and after being taught using PhET simulation-based LKPD for Semester I students of Physics Education Study Program of UIN Alauddin Makassar Year 2024. The type of research used is pre-experiment method with One Group Pretest Posttest Design. The population in this study was 35 first semester class B students with a sampling technique of Purposive Sampling. The instrument used is a question to measure concept understanding. The results of descriptive analysis showed that the average score of concept understanding scores before using PhET simulation-based LKPD was 47.50, while the average score of students' concept understanding after being taught using PhET simulation-based LKPD was

76.00. While the data analysis technique used is descriptive analysis technique, normality test, homogeneity test, and hypothesis testing with a significance value of 0.05. While based on the results of hypothesis testing obtained T_{hitung} value of 5.43, while T_{tabel} at a certain level of significance is 2.08. Because $T_{hitung} > T_{tabel}$. Based on this, therefore H_1 is accepted and H_0 is rejected, which means that there is a difference in improving students' understanding of physics concepts after applying the PhET simulation-based LKPD.

© 2025 The Author(s). Published by Department of Physics Education, Alauddin State Islamic University Makassar

PENDAHULUAN

Pendidik dalam kapasitas mereka sebagai fasilitator pembelajaran, memikul tanggung jawab untuk menyusun pengalaman pendidikan yang membekali mahasiswa untuk memenuhi tuntutan abad ke-21. Dalam konteks ini, kegiatan pedagogis yang berpusat pada fisika secara intrinsik terkait dengan peningkatan kompetensi dan keterampilan mahasiswa. Mahasiswa yang memiliki pemahaman menyeluruh tentang konsep mampu menarik kesimpulan yang valid, menunjukkan perspektif yang luas, membuat keputusan yang bijaksana, dan menghasilkan output berkualitas tinggi[1]. Untuk membantu mahasiswa dalam upaya mereka untuk memperdalam pemahaman mereka tentang suatu konsep, eksplorasi metodologis konsep, yang memerlukan keterampilan penting melalui penyelidikan ilmiah empiris, dapat secara efektif dilaksanakan dan disempurnakan melalui kegiatan praktikum laboratorium. Suhu dan kalor merupakan salah satu materi yang dipelajari mahasiswa pada semester awal. Materi ini mempelajari tentang konsep suhu dan kalor suatu benda. Untuk meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa maka pada materi ini perlu didukung dengan kegiatan praktik. Melalui kegiatan praktik, maka terdapat empat keterampilan yang secara tidak langsung akan mencerminkan ciri pembelajaran abad 21, yaitu *Critical Thinking* (berpikir kritis), *Collaboration* (kemampuan bekerja sama dengan baik), *Communication* (kemampuan berkomunikasi), dan *Creativity and Innovation* (kreativitas dan inovasi) [2].

Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan menerapkan media inovasi pembelajaran dalam bentuk penggunaan media interaktif agar mahasiswa dapat memahami secara menyeluruh tentang konsep fisika. Terbatasnya kegiatan praktikum di laboratorium oleh mahasiswa dapat diatasi dengan praktikum maya. Praktikum maya yang menyajikan praktikum secara virtual dapat diakses menggunakan komputer maupun smartphone sehingga dapat membantu kelancaran proses pembelajaran [3].

Kegiatan praktikum di dunia nyata sudah menjadi rutinitas dalam pembelajaran. Namun, perkembangan teknologi saat ini menawarkan praktikum yang hemat biaya dana dapat dilakukan dimanapun sepanjang ada smartphone dan jaringan. Hal ini

masih kurang dilakukan mahasiswa Pendidikan fisika dalam kegiatan praktikum virtual secara massal.

Mahasiswa dapat menggunakan laboratorium virtual apabila terkendala dengan peralatan maupun perlengkapan pada kegiatan praktikum nyata. Di antara berbagai macam jenis aplikasi praktikum virtual, maka aplikasi PhET (*Physic Education and Technology Simulation*) merupakan salah satu media interaktif yang dapat dimanfaatkan. PhET Simulation menawarkan berbagai keunggulan yang membuatnya sangat cocok digunakan dalam proses pembelajaran. Pertama, tampilannya yang memikat dengan animasi interaktif mampu menarik perhatian dan meningkatkan minat belajar mahasiswa. Kedua, antarmukanya yang sederhana dan intuitif menjadikan simulasi ini sangat mudah dioperasikan, bahkan oleh pengguna pemula. Ketiga, PhET Simulation dapat diakses secara gratis, memungkinkan siapa pun untuk mengunduh dan menggunakannya tanpa biaya. Keempat, fleksibilitasnya sangat tinggi karena menyediakan berbagai paket unduhan yang kompatibel dengan spesifikasi laptop atau PC pengguna, termasuk versi berbasis Java dan Flash. Kelima, simulasi ini mendukung penggunaan baik secara online maupun offline, sehingga dapat digunakan kapan saja dan di mana saja tanpa ketergantungan pada koneksi internet. Terakhir, PhET menyajikan berbagai model konseptual fisika yang dirancang secara visual dan intuitif, memudahkan mahasiswa dalam memahami konsep-konsep ilmiah yang kompleks dengan cara yang menyenangkan dan mendalam.[3][4]

Penggunaan simulasi PhET dalam proses pembelajaran memiliki dampak positif terhadap peningkatan keterampilan kognitif peserta didik. Selain itu, model pembelajaran collaborative creativity yang dikombinasikan dengan simulasi PhET berpengaruh signifikan terhadap keterampilan pemecahan masalah siswa pada materi getaran harmonis [5]. Hal senada juga dikemukakan oleh Sylviani yang menyatakan bahwa simulasi PhET dapat menjadi alat bantu yang efektif dalam pembelajaran matematika di tingkat sekolah dasar, karena mampu meningkatkan kemampuan eksplorasi dan minat mahasiswa terhadap materi yang dipelajari[6][7]. Sementara itu, Karimah melalui pengembangan perangkat pembelajaran matematika berbasis model FERA (Focus, Explore, Reflect, and Apply) menyimpulkan bahwa integrasi simulasi interaktif PhET dalam RPP dan LKPD terbukti mampu melatih keterampilan berpikir kritis mahasiswa[8][9]. Temuan serupa juga disampaikan oleh Mbere yang mengembangkan panduan praktikum berbasis simulasi PhET pada materi suhu dan kalor untuk kelas XI MA[10]. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa panduan tersebut layak digunakan dan efektif untuk diujicobakan dalam pembelajaran. Dengan demikian, studi-studi tersebut memperkuat dasar pemikiran bahwa integrasi simulasi PhET dalam pembelajaran berpotensi meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar peserta didik[11], [10], [11], [12].

Berlatar pada berbagai respon positif tentang pemanfaatan PhET Simulation dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pada beberapa tinjauan pustaka di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang serupa, namun dalam konteks yang berbeda. Perbedaan antara penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan kami lakukan adalah dari segi penerapannya. Dimana peneliti membuat LKPD materi Suhu

dan Kalor berbasis PhET Simulation lalu menerapkan secara langsung pada pembelajaran materi Suhu dan Kalor pada mahasiswa Semester I Prodi Pendidikan Fisika Tahun Ajaran Ganjil 2024/2025.

Berdasarkan hasil wawancara salah satu mahasiswa atas nama Syahlevi yang merupakan ketua Kelas A mahasiswa Semester I Prodi Pendidikan Fisika UIN Alauddin Makassar Tahun 2024 ia mengatakan kegiatan laboratorium belum pernah dilaksanakan praktikum di dunia maya. Sejalan itu pula, berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu Asisten Praktikum Eksperimen Fisika di Laboratoium Fisika diketahui bahwa penguasaan konsep mahasiswa rendah saat responsif, karena masih banyak nilai hasil tes mahasiswa yang tidak memenuhi nilai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yakni hanya mencapai 65. Menurutny, nilai yang rendah ini boleh jadi salah satunya dipengaruhi oleh kurangnya pengalaman belajar mahasiswa melalui praktek salah satunya praktikum virtual[8]. Berdasarkan hasil wawancara tersebut, untuk meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa maka seharusnya melalui media pembelajaran dengan laboratorium nyata dapat menambah keterampilan mahasiswa dalam menggunakan peralatan laboratorium yang ada untuk membuktikan kebenaran suatu eksperimen atau percobaan. Namun alat dan media yang ada di laboratorium seringkali rusak atau pecah saat melakukan percobaan sehingga menyebabkan kekurangan peralatan di dalam laboratorium. Hal ini menyebabkan kegiatan praktikum tidak berjalan lancar apabila peralatan laboratorium kurang memadai[15].

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini belum banyak yang teliti sehingga penliti tertarik melakukan penelitian yang berjudul “Integrasi Teknologi PhET Simulation dalam LKPD: Solusi Inovatif Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Mahasiswa pada mahasiswa Semester I Prodi Pendidikan Fisika UIN Alauddin Makassar”.

METODE

Penelitian ini menerapkan metode pra eksperimen (*Pre-eksperimen*). Desain yang digunakan adalah *One Group Pretest Posttest Design*. Desain ini dapat digambarkan pada gambar 1 [16]. Teknik pemilihan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Purposive Sampling*. Adapun yang menjadi subjek penelitian dalam penelitian ini adalah mahasiswa semester I kelas B yang berjumlah 35 orang. Pertimbangan peneliti dalam memilih Kelas B dikarenakan keterampilan mahasiswa pada kelas ini yang kurang dalam hal penguasaan pemahaman konsep dan mahasiswa yang diterima jalur mandiri yang memiliki kemampuan di bawah rerata.

Penelitian ini dilakukan di mahasiswa semester I yang memprogramkan mata kuliah Fisika Dasar Kelas A tahun ajaran Ganjil 2024/2025 pada tanggal 15 September s.d. 25 November 2024. Jenis penelitian yang digunakan adalah *Pre-eksperimen*. Kemudian desain yang digunakan adalah *One Group Pretest Posttest Design*. Desain ini dapat digambarkan sebagai berikut [16]:



Gambar 1. One Group Pretest Posttest Design

Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis statistik deskriptif dan analisis statistik inferensial. Dalam penelitian ini, teknik analisis data yang digunakan mencakup analisis statistik deskriptif dan statistik inferensial. Analisis deskriptif meliputi perhitungan rata-rata, standar deviasi, dan varians untuk menggambarkan data pemahaman konsep mahasiswa. Selain itu, digunakan kategorisasi berdasarkan pedoman Depdiknas untuk menentukan tingkat pemahaman konsep mahasiswa, yaitu: sangat tinggi (80-100), tinggi (70-79), rendah (50-69), dan sangat rendah (≤ 49). Sementara itu, analisis statistik inferensial dilakukan untuk menguji hipotesis melalui beberapa tahap, yakni uji normalitas dengan metode Liliefors, uji homogenitas menggunakan uji-F, dan uji hipotesis dengan uji-t dua sampel berpasangan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan pemahaman konsep mahasiswa sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan LKPD berbasis PhET Simulation, dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perolehan data penelitian merupakan nilai kemampuan awal atau pretes mahasiswa sebelum penerapan penggunaan LKPD berdasarkan simulasi PhET ini adalah nilai keterampilan kolaborasi siswa. Data yang dijabarkan dan diuraikan pada penelitian ini diperoleh dari penilaian empiris yang dilakukan oleh peneliti selama pembelajaran PhET Simulasi dengan instrumen penilaian lembar kinerja kemampuan mahasiswa. Berikut ini nilai rata-rata awal kemampuan pemahaman konsep fisika mahasiswa sebagai berikut.

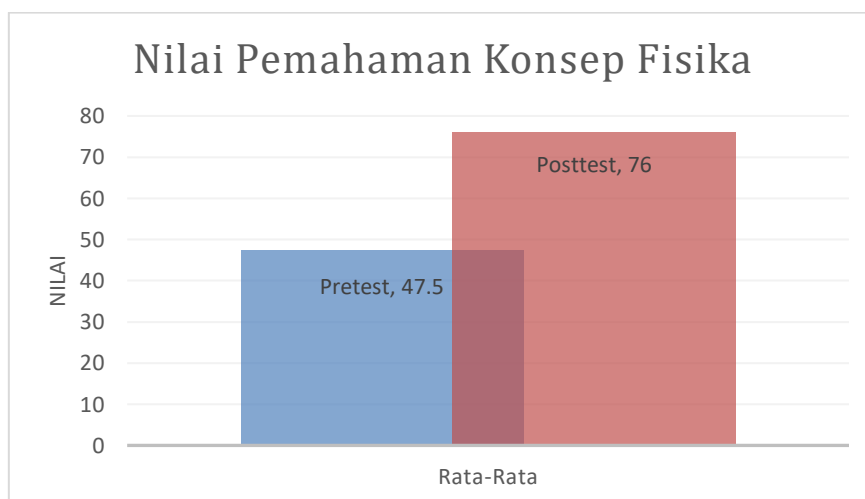
Tabel 1. Perbandingan nilai pemahaman konsep fisika

Statistik Deskriptif	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
Jumlah Sampel	35	35
Maksimun	55	95
Minimun	40	57
Rata-Rata	47.5	76

Statistik Deskriptif	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
Rentang	45	51
Standar Deviasi	19.01	18
Varians	201.19	270.605

Berdasarkan tabel 1 diperoleh sebaran nilai pemahaman konsep Suhu dan Kalor mahasiswa pada dalam beberapa kategori yaitu 1 orang mahasiswa sangat rendah 3% , 25 orang mahasiswa pada kategori rendah dengan persentase sebesar 71% dan 6 orang mahasiswa pada kategori tinggi dengan persentase 17%, serta 3 orang mahasiswa pada kategori sangat tinggi dengan persentase 9%. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa tingkat pemahaman konsep mahasiswa masih berada dikategori rendah bahkan sangat rendah. Dapat diketahui bahwa nilai pemahaman konsep mahasiswa paling banyak berada pada rentang nilai ≤ 69 yaitu kategorisasi rendah sebanyak 25 orang, sementara 1 orang berada pada kategori sangat rendah.

Sedangkan hasil tes pemahaman konsep mahasiswa kelas B semester I setelah diterapkan pembelajaran dengan menggunakan LKPD berbasis PhET simulation, maka diperoleh sebaran nilai pemahaman konsep Suhu dan Kalor mahasiswa pada kelas B dalam beberapa kategori yaitu 4 orang mahasiswa pada kategori sangat tinggi dengan persentase sebesar 11% dan 28 orang mahasiswa pada kategori tinggi dengan persentase 80%, 2 orang mahasiswa pada kategori rendah dengan persentase 6% dan 1 orang mahasiswa pada kategori sangat rendah dengan persentase 3%. Data pada tabel 2 kategorisasi pemahaman konsep Suhu dan Kalor dapat digambarkan dalam bentuk grafik pemahaman konsep Suhu dan Kalor mahasiswa pada tes posttest pada gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan nilai pemahaman konsep fisika

Gambar 2 memperlihatkan hasil perbandingan antara nilai pretest dan posttest pemahaman konsep fisika siswa. Gambar 2 ini memvisualisasikan hasil rata-rata nilai siswa sebelum dan sesudah pelaksanaan pembelajaran. Pada grafik terlihat bahwa nilai pretest siswa adalah 47,5, sedangkan nilai posttest meningkat menjadi 76. Peningkatan ini menunjukkan adanya perubahan positif dalam pemahaman konsep fisika setelah kegiatan pembelajaran dilaksanakan. Nilai pretest yang lebih rendah

mengindikasikan bahwa sebelum proses pembelajaran, pemahaman siswa terhadap materi masih kurang. Setelah proses pembelajaran berlangsung, terlihat adanya peningkatan yang cukup signifikan, yaitu sebesar 28,5 poin atau sekitar 60% peningkatan dari nilai awal.

Berdasarkan gambar diketahui bahwa nilai pemahaman konsep mahasiswa paling banyak berada pada rentang nilai 80-100 yaitu kategorisasi sangat tinggi sebanyak 4 orang, tinggi 28 orang, dan rendah 2 orang serta 1 orang sangat rendah. Hal ini menjadi indikator bahwa metode atau strategi pembelajaran yang digunakan efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa[17].

Analisis inferensial dalam penelitian ini diawali dengan uji normalitas data, yang bertujuan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh dari pretest dan posttest berdistribusi normal. Pengujian dilakukan pendekatan Lilliefors. Berdasarkan hasil uji normalitas terhadap data pretest mahasiswa pada kelas B yang diajar menggunakan PhET simulation, diperoleh nilai L_{hitung} sebesar 0,0673, sedangkan L_{tabel} sebesar 0,193. Karena $L_{hitung} < L_{tabel}$, maka dapat disimpulkan bahwa data pretest tersebut berdistribusi normal. Selanjutnya, untuk data posttest mahasiswa pada kelas eksperimen 1, diperoleh L_{hitung} sebesar 0,142 dan L_{tabel} sebesar 0,229. Hasil ini juga menunjukkan bahwa data posttest berdistribusi normal karena L_{hitung} lebih kecil dari L_{tabel} . Dengan demikian, kedua kelompok data memenuhi asumsi normalitas yang diperlukan untuk analisis parametrik.

Uji homogenitas untuk memastikan bahwa varians antar kelompok data adalah seragam. Uji homogenitas dilakukan terhadap variabel pemahaman konsep. Dari hasil pengolahan data, diperoleh F_{hitung} sebesar 1,34 dan F_{tabel} sebesar 2,12. Karena $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka dapat disimpulkan bahwa varians dari kedua kelompok data adalah homogen. Kondisi ini memperkuat validitas dalam penggunaan uji parametrik pada analisis hipotesis.

Berdasarkan hasil uji normalitas dan homogenitas yang menunjukkan bahwa data berdistribusi normal dan homogen, maka uji hipotesis dilakukan dengan menggunakan uji t dua sampel independen. Analisis ini juga dilaksanakan dengan bantuan SPSS dan MS. Excel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai T_{hitung} sebesar 5,43, sementara T_{tabel} pada taraf signifikansi tertentu adalah 2,08. Karena $T_{hitung} > T_{tabel}$, maka hipotesis alternatif diterima. Artinya, terdapat perbedaan yang signifikan antara pemahaman konsep mahasiswa yang diajar menggunakan PhET simulation dengan yang tidak menggunakan simulasi tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan PhET simulation memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan pemahaman konsep mahasiswa [18][14][19].

Perbedaan yang cukup signifikan antara hasil tes pemahaman konsep mahasiswa sebelum diterapkan dan setelah diterapkan LKPD berbasis PhET simulation, dipengaruhi beberapa faktor diantaranya adanya perbedaan perlakuan yang diberikan, yaitu pada saat tes pertama masih menggunakan model pembelajaran langsung dengan memperlihatkan alat fisika secara nyata tanpa modul/LKPD sedangkan

pada saat tes kedua telah diterapkan LKPD berbasis PhET simulation. Selain itu perlakuan yang diberikan sebelum tes kedua juga merupakan pembelajaran yang menuntut mahasiswa untuk terlibat secara aktif selama proses pembelajaran [15].

Berdasarkan observasi dan pengamatan penulis selama penelitian, sebelum penerapan LKPD berbasis PhET Simulation, penyampaian materi pembelajaran disampaikan melalui ceramah, tanya jawab, mengerjakan tugas tugas dan tidak melakukan praktikum. Hal ini menyebabkan kegiatan pembelajaran hanya berpusat pada dosen saja sehingga menyebabkan mahasiswa pasif dalam mengikuti pembelajaran. Mahasiswa cenderung menghafalkan setiap materi pembelajaran yang mereka terima tanpa memahami dan mengkajinya lebih lanjut. Hal ini dapat menyebabkan kurangnya pemahaman konsep mahasiswa[20][21]. Sedangkan setelah penerapan LKPD berbasis PhET simulation, pemahaman konsep mahasiswa mengalami peningkatan dibandingkan sebelumnya. Hal ini disebabkan karena mahasiswa dapat menerima dan memahami materi Suhu dan Kalor dengan mudah sehingga berpengaruh pada pemahaman konsep mereka[4][10][13][22]. Berdasarkan pemaparan beberapa mahasiswa, pada saat pembelajaran dengan menggunakan LKPD berbasis PhET simulation mereka lebih cenderung cepat mengerti dan memahami pembelajaran, mereka juga lebih sering mengajukan pertanyaan-pertanyaan terkait materi Suhu dan Kalor dibandingkan pada saat penggunaan model pembelajaran langsung. Mereka merasa pembelajaran dengan menggunakan LKPD berbasis PhET simulation tidak membosankan karena mahasiswa lebih aktif dalam pembelajaran secara berkelompok yang berjumlah 3 orang perkelompok.

Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Stephen [5] [23] dengan di berlakukan simulasi dapat meningkatkan hasil belajar. Selanjutnya Faradela [24] menguatkan bahwa dengan simulasi Phet memberikan manfaat bagi pemahaman materi di bidang Fisika. Menurut Pangesti [12] bahwa materi kalor sangat bagus di praktekkan dalam kegiatan simulasi phet karena modul yang disajikan begitu sempurna[25]. Perbedaan hasil tes pemahaman konsep pretest dan posttest mahasiswa mahasiswa Semester I Prodi Pendidikan Fisika UIN Alauddin Makassar Tahun 2024 disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya karena adanya perbedaan perlakuan yang diberikan pada pretest dan posttest, dimana pada saat pembelajaran sebelum pretes masih menggunakan model pembelajaran langsung, sedangkan pada posttes telah diterapkan LKPD berbasis PhET simulation. Selain itu, pada saat pretes, mahasiswa yang aktif dalam proses pembelajaran hanya beberapa orang saja, sedangkan pada saat posttes hampir seluruh mahasiswa terlibat aktif dalam proses pembelajaran, hal ini menyebabkan hasil tes pemahaman konsep mereka mengalami peningkatan.

KESIMPULAN

Penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis PhET Simulation secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep fisika mahasiswa semester I Pendidikan Fisika UIN Alauddin Makassar. Rata-rata skor pemahaman konsep fisika meningkat dari 47,50 sebelum perlakuan menjadi 76,00 setelah perlakuan. Hasil uji hipotesis

menunjukkan nilai T_{hitung} sebesar 5,43 lebih besar dari T_{tabel} sebesar 2,08 pada taraf signifikansi 0,05, yang menunjukkan terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik. Dengan demikian, pendekatan pembelajaran berbasis simulasi interaktif ini efektif membantu mahasiswa memahami konsep-konsep fisika yang bersifat abstrak.

Keberhasilan ini tidak hanya dipengaruhi oleh media PhET yang digunakan, tetapi juga oleh peran aktif mahasiswa dalam mengeksplorasi simulasi tersebut. Interaktivitas dan visualisasi yang disediakan oleh PhET Simulation memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan memfasilitasi konstruksi pengetahuan secara mandiri.

Namun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Desain pra-eksperimen tanpa kelompok kontrol membatasi kemampuan untuk menggeneralisasikan hasil secara lebih luas. Selain itu, penelitian hanya dilakukan pada satu kelas dengan jumlah sampel terbatas dan dalam ruang lingkup materi yang belum mencakup keseluruhan konsep fisika. Aspek afektif dan keterampilan proses sains mahasiswa juga belum dianalisis, sehingga hasil ini belum memberikan gambaran menyeluruh terhadap seluruh domain pembelajaran.

Tindak lanjut, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan desain eksperimen yang lebih kuat, seperti true experimental design dengan kelompok kontrol, serta mencakup lebih banyak variabel dan populasi lintas jenjang pendidikan. Penelitian lanjutan juga dapat mengeksplorasi integrasi LKPD berbasis simulasi dengan pendekatan pembelajaran lain seperti inquiry atau problem-based learning untuk melihat efek sinergisnya.

Implikasi dari penelitian ini adalah adaptasi teknologi pembelajaran di lingkungan pendidikan tinggi sebagai respons terhadap tantangan pembelajaran abad ke-21. LKPD berbasis simulasi interaktif dapat menjadi alternatif strategis dalam mendukung transformasi digital pendidikan dan peningkatan kualitas pembelajaran fisika secara menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rosnaeni, "Karakteristik dan Asesmen Abad 21," *J. Basicedu*, vol. 5, no. 5, pp. 4334–4339, 2021.
- [2] I. Pembelajaran and A. Dalam, "Muaddib," vol. 2, no. 2, pp. 32–45, 2024.
- [3] M. Zhang, "Who are interested in online science simulations? Tracking a trend of digital divide in Internet use," *Comput. Educ.*, vol. 76, pp. 205–214, 2014, doi: 10.1016/j.compedu.2014.04.001.
- [4] I. Diraya, A. Budiyo, and M. Triastutik, "Kontribusi Virtual Lab Phet Simulation untuk Membantu Praktikum Fisika Dasar," *Phenom. J. Pendidik. MIPA*, vol. 11, no. 1, pp. 45–56, 2021, doi: 10.21580/phen.2021.11.1.7367.
- [5] A. L. Stephens and J. J. Clement, "Use of physics simulations in whole class and small group settings: Comparative case studies," *Comput. Educ.*, vol. 86, pp. 137–156, 2015, doi: 10.1016/j.compedu.2015.02.014.
- [6] R. V. Kusuma *et al.*, "Penerapan Phet Simulation Pada Siswa Kelas Iv Sekolah

- Dasar Negeri 1 Palang Dalam Pembelajaran,” vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2024.
- [7] Y. Theasy, A. Bustan, and M. Nawir, “Penggunaan Media Laboratorium Virtual PhET Simulation untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Mahasiswa pada Mata Kuliah Eksperimen Fisika Sekolah,” *Variabel*, vol. 4, no. 2, p. 39, 2021, doi: 10.26737/var.v4i2.2607.
- [8] S. Kroothkaew and N. Srisawasdi, “Teaching How Light can be Refracted Using Simulation-based Inquiry with a Dual-situated Learning Model,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 93, pp. 2023–2027, 2013, doi: 10.1016/j.sbspro.2013.10.159.
- [9] S. Arfina, “Pengaruh Model Pembelajaran FERA (Focus, Explore, Reflect and Apply) Berbantuan Video Pembelajaran Untuk Meningkatkan Kemampuan Metakognitif dan Kemampuan Penalaran Adatif Matematis Siswa,” 2019.
- [10] S. Q. Kaukaba, N. Nora, D. W. Fattikasari, D. Z. Rizqiyah, and A. Lutfi, “Lembar Kerja Peserta Didik (Lkpd) Berbantuan Aplikasi Phet Pada Materi Asam Basa Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Peserta Didik,” *UNESA J. Chem. Educ.*, vol. 11, no. 2, pp. 143–157, 2022, doi: 10.26740/ujced.v11n2.p143-157.
- [11] I. Ketut Mahardika *et al.*, “Efektivitas Phet Simulation Sebagai Media Pembelajaran Fisika Dasar I Mahasiswa S1 Pendidikan IPA,” *J. Ilm. Wahana Pendidikan, Desember*, vol. 8, no. 23, pp. 463–468, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/3091/2366>
- [12] N. Pangesti, Karyadi, Uliyandari, Sutarno, “Pengembangan E-Lkpd Berbasis Discovery Learning Berbantuan Virtual Laboratory Phet Pada Materi Kalor Untuk Smp Kelas Vii,” *DIKSAINS J. Ilm. Pendidik. Sains*, vol. 3, no. 1, pp. 30–38, 2022.
- [13] R. Sujanem, I. N. P. Suwindra, and I. Suswandi, *Efektivitas E-Modul Fisika Berbasis Simulasi Phet Dalam Ujian Terbatas Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sma Di Kota Singaraja*. 2021.
- [14] A. A. Hawa, B. Supriadi, and S. H. B. Prastowo, “Efektivitas Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model Pbl Berbantuan Simulasi Phet Pada Materi Termodinamika Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa,” *ORBITA J. Pendidik. dan Ilmu Fis.*, vol. 7, no. 2, p. 327, 2021, doi: 10.31764/orbita.v7i2.6041.
- [15] T. Krobthong, “Teaching University Physics by Using Interactive Science Simulations Methods,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 197, no. February, pp. 1811–1817, 2015, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.07.240.
- [16] R. J. Engel and R. K. Schutt, *Fundamentals of Social Work Research*. USA: SAGE Publications, 2014.
- [17] I. A. Rizki, F. R. Mirsa, A. N. Islamiyah, A. D. Saputri, R. Ramadani, and M. Habibulloah, “Ethnoscience-enhanced physics virtual simulation and augmented reality with inquiry learning: Impact on students’ creativity and motivation,” *Think. Ski. Creat.*, vol. 57, no. February, p. 101846, 2025, doi: 10.1016/j.tsc.2025.101846.
- [18] H. I. Sutaji, A. Warsito, P. S. Fisika, and U. N. Cendana, “Konsep Fisika Dan PhET Simulation Sebagai Alternatif Media Pembelajarannya,” no. April, 2025.

- [19] T. Sukamto, "Pemanfaatan Media Phet Simulation Pada Pembelajaran Fisika Dengan Pendekatan Contextual Teaching and Learning," *J. Educ.*, vol. 8, no. 2, pp. 649–654, 2022, doi: 10.31949/educatio.v8i2.2327.
- [20] A. Fitri, "Laboratorium Virtual dengan Aplikasi PhET untuk Memperkuat Penguasaan Konsep Listrik Dinamis Siswa pada Pembelajaran Online," *J. Eksakta Pendidik.*, vol. 6, no. 1, pp. 52–60, 2022, doi: 10.24036/jep/vol6-iss1/624.
- [21] F. M. A. Prasetya, "Penerapan Laboratorium Virtual Phet Materi Elastisitas Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa," *J. Lumin. Ris. Ilm. Pendidik. Fis.*, vol. 3, no. 1, p. 38, 2022, doi: 10.31851/luminous.v3i1.7098.
- [22] E. Bozkurt and A. Ilik, "The effect of computer simulations over students' beliefs on physics and physics success," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 4587–4591, 2010, doi: 10.1016/j.sbspro.2010.03.735.
- [23] N. Chetty, "Teaching Teachers to Teach Physics to High School Learners," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 174, pp. 1886–1899, 2015, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.01.852.
- [24] R. Fardela *et al.*, "Optimalisasi Pemanfaatan Media Online Phet Simulation Untuk Upaya Peningkatkan Pemahaman Konsep Fisika di SMA N 2 Harau," *Indones. J. Community Empower. Serv.*, vol. 2, no. 2, pp. 58–62, 2022, doi: 10.33369/icomoes.v2i2.24459.