



Optimizing Physics Learning with PhET Simulation: A Quantitative Study on High School Students

Hazmi Nurulfajri^{1*}, Isti Fuji Lestari², Resti Warliani³

¹SMK Al Halim, Indonesia

Jl. Suherman, RT.01/RW.07, Tarogong, Kec. Tarogong Kaler, Garut

²SMPN 1 Kersamanah, Indonesia

Jl. Raya Kersamanah No.16, Kersamanah, Kec. Kersamanah,, Garut

³Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Pendidikan Islam dan Keguruan

Universitas Garut, Indonesia

Jl. Raya Samarang No. 52A, Garut.

*e-mail: hazminurulfajri@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.52434/jpif.v4i2.42124>

Accepted: December 6, 2024 Approved: : December 20, 2024 Published: : December 31, 2024

ABSTRACT

This study aims to evaluate the effectiveness of using PhET Simulation in improving students' learning outcomes on the topic of heat and temperature. The research employed a quantitative method with a one-group pretest-posttest design. The subjects were 25 eleventh-grade science students from a senior high school in Garut Regency. Data were collected through multiple-choice tests administered before (pretest) and after (posttest) the learning process using PhET Simulation. The results showed an increase in the average score from 48.08 in the pretest to 64.56 in the posttest. A Paired T-Test statistical analysis revealed a significant difference, with a significance value of 0.002. Additionally, the Cohen's d effect size of -0.694 indicated a moderate impact. These findings suggest that PhET Simulation is effective in helping students comprehend abstract physics concepts through a visual and interactive approach. The use of this media also enhances student engagement and motivation in the learning process. Based on these results, PhET Simulation is recommended for wider adoption as an innovative learning tool to support students' mastery of physics concepts. This study makes an important contribution to integrating technology into 21st-century education to create more relevant and engaging learning experiences.

Keywords: Heat and temperature, learning outcomes, physics, PhET Simulation, technology-based learning.

Optimalisasi Pembelajaran Fisika dengan PhET Simulation: Studi Kuantitatif pada Siswa SMA

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan *PhET Simulation* dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada materi suhu dan kalor. Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan desain *one-group pretest-posttest*. Subjek penelitian adalah 25 siswa kelas XI

IPA di salah satu SMA di Kabupaten Garut. Pengumpulan data dilakukan melalui tes pilihan ganda yang diberikan sebelum (*pretest*) dan setelah (*posttest*) pembelajaran menggunakan *PhET Simulation*. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan rata-rata skor dari 48,08 pada *pretest* menjadi 64,56 pada *posttest*. Uji statistik *Paired T-Test* menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan nilai signifikansi 0,002. Selain itu, nilai *Cohen's d* sebesar 0,694 menunjukkan pengaruh dalam kategori sedang. Temuan ini mengindikasikan bahwa *PhET Simulation* efektif dalam membantu siswa memahami konsep fisika yang abstrak melalui pendekatan visual dan interaktif. Penggunaan media ini juga meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa dalam proses pembelajaran. Dengan hasil ini, diharapkan *PhET Simulation* dapat diadopsi secara lebih luas sebagai media pembelajaran inovatif untuk mendukung penguasaan konsep fisika siswa. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam pembelajaran abad ke-21 untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih relevan dan menarik.

Kata kunci: Fisika, hasil belajar, *PhET Simulation*, suhu dan kalor, teknologi pembelajaran.

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan fondasi utama dalam membangun kualitas sumber daya manusia yang unggul. Guru memiliki peran strategis sebagai fasilitator dalam mendukung proses belajar mengajar, khususnya dalam membantu siswa menemukan potensi diri serta meningkatkan kreativitas mereka (Hadar & Brody, 2021; Rawzis et al., 2024; Syahdah & Irvani, 2023). Kreativitas siswa dapat berkembang dengan adanya pendekatan pembelajaran yang inovatif dan relevan dengan kebutuhan siswa (Qolbi et al., 2024). Oleh karena itu, seorang guru tidak hanya berperan sebagai pemberi materi tetapi juga sebagai motivator yang mampu membangkitkan semangat belajar siswa.

Dalam pembelajaran fisika, salah satu tantangan terbesar adalah membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak yang membutuhkan pemahaman logika dan analisis yang mendalam. Salah satu topik yang sering menimbulkan kesulitan adalah suhu dan kalor, mengingat sifatnya yang membutuhkan pemahaman matematis serta aplikasi langsung dalam kehidupan sehari-hari (Irvani et al., 2017; Tran et al., 2022). Berdasarkan wawancara dengan 20 siswa kelas XII di salah satu SMA di Kabupaten Garut, sebanyak 84,2% siswa lebih menyukai pembelajaran secara kelompok dibandingkan individu. Hal ini menunjukkan perlunya model pembelajaran kolaboratif yang mampu mendorong komunikasi dan interaksi antar siswa untuk meningkatkan pemahaman konsep.

Dalam situasi ini, penting bagi pendidik untuk menghadirkan pendekatan pembelajaran yang tidak hanya mendukung penguasaan materi, tetapi juga mampu melibatkan siswa secara aktif dalam proses belajar. Metode pembelajaran yang interaktif dan kolaboratif dapat menjadi solusi untuk mengatasi tantangan ini (Jovanović & Milosavljević, 2022; Warsah et al., 2021). Dengan menggabungkan diskusi kelompok, eksperimen berbasis teknologi, dan media pembelajaran visual, siswa tidak hanya memahami teori, tetapi juga dapat melihat penerapan konsep-konsep fisika dalam konteks yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Strategi ini dapat meningkatkan motivasi belajar siswa sekaligus membangun kemampuan berpikir kritis mereka.

Transformasi pembelajaran di abad ke-21 menuntut integrasi teknologi untuk menciptakan proses pembelajaran yang lebih menarik dan efektif. Dengan berkembangnya digitalisasi, perangkat seperti komputer, internet, dan aplikasi pembelajaran interaktif semakin mudah diakses oleh

siswa dan guru (Irvani et al., 2020; Paling et al., 2024; Sulastri et al., 2024). Salah satu alat bantu yang inovatif dalam pembelajaran fisika adalah penggunaan *PhET Simulation*, yaitu media simulasi interaktif berbasis teknologi yang memungkinkan siswa memahami konsep fisika secara visual dan dinamis (Perkins, 2006; Sadidah & Irvani, 2021; Yuanata et al., 2023).

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa pembelajaran berbantuan teknologi memiliki dampak positif terhadap hasil belajar siswa. Hasil penelitian sebelumnya menyimpulkan bahwa penggunaan *PhET Simulation* dapat meningkatkan minat dan penguasaan konsep fisika (Rizaldi et al., 2021). Selain itu, *PhET Simulation* membantu siswa memahami materi dengan cara yang lebih sederhana dan menyenangkan, khususnya pada konsep-konsep yang sulit dipahami secara teoritis (Nefrita, 2019; Suhirman & Prayogi, 2023).

Kendala utama dalam pembelajaran fisika sering kali terletak pada kurangnya keterampilan guru dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam proses pembelajaran. Guru membutuhkan pemahaman mendalam tentang cara memanfaatkan teknologi seperti *PhET Simulation* untuk menciptakan suasana belajar yang efektif (Irvani, 2022; Warliani et al., 2023). Oleh karena itu, penting untuk mengevaluasi efektivitas penerapan media pembelajaran ini dalam membantu siswa memahami konsep fisika, khususnya pada materi suhu dan kalor.

Pembelajaran berbasis teknologi seperti *PhET Simulation* juga berpotensi untuk mendukung keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi (Agustina et al., 2024; Irvani et al., 2024). Dengan menggunakan model pembelajaran kooperatif berbantuan teknologi, siswa dapat bekerja dalam kelompok untuk menyelesaikan tugas-tugas belajar, berbagi ide, dan memecahkan masalah secara bersama-sama (Agustini & Irvani, 2023). Metode ini tidak hanya meningkatkan pemahaman kognitif tetapi juga memperkuat keterampilan sosial siswa.

Dalam konteks pembelajaran suhu dan kalor, penggunaan *PhET Simulation* memberikan kesempatan bagi siswa untuk melakukan eksperimen virtual yang sulit dilakukan secara langsung di kelas. Simulasi ini memungkinkan siswa mengamati fenomena fisika, seperti perpindahan panas dan perubahan suhu, secara interaktif (Yuanata et al., 2023). Dengan demikian, siswa dapat membangun konsep yang lebih kuat melalui pengalaman belajar yang langsung dan menarik.

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana penerapan model pembelajaran kooperatif berbantuan *PhET Simulation* mampu meningkatkan hasil belajar siswa pada materi suhu dan kalor. Dengan populasi siswa kelas XI MIPA di salah satu SMA Kabupaten Garut, penelitian ini bertujuan untuk menjawab kebutuhan guru dan siswa dalam menciptakan pembelajaran fisika yang lebih efektif, interaktif, dan relevan dengan perkembangan teknologi di era digital.

Melalui penelitian ini, diharapkan model pembelajaran kooperatif berbantuan *PhET Simulation* dapat menjadi alternatif solusi dalam mengatasi kesulitan siswa memahami konsep suhu dan kalor. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan metode pembelajaran berbasis teknologi, sehingga dapat diterapkan secara lebih luas di berbagai jenjang pendidikan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan desain *one-group pretest-posttest* (Creswell & Guetterman, 2019). Desain ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penerapan media pembelajaran *PhET Simulation* dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada materi suhu dan kalor. Dalam desain ini, pengukuran dilakukan sebanyak dua kali, yaitu sebelum (*pretest*) dan sesudah (*posttest*) perlakuan diberikan pada kelompok yang sama. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi perubahan atau peningkatan hasil belajar siswa setelah diberikan perlakuan berupa pembelajaran berbantuan *PhET Simulation*.

Subjek penelitian ini adalah siswa kelas XI IPA di salah satu SMA Negeri di Kabupaten Garut. Sampel penelitian dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, dengan mempertimbangkan kesesuaian karakteristik siswa dan ketersediaan fasilitas untuk penggunaan media *PhET Simulation*. Jumlah siswa yang menjadi subjek penelitian ini sebanyak 25 orang dalam satu kelas. Kelas ini dipilih berdasarkan hasil diskusi dengan guru mata pelajaran fisika di sekolah tersebut.

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi tes pilihan ganda untuk mengukur hasil belajar siswa dan lembar kerja siswa (LKS) yang dirancang untuk mendukung aktivitas pembelajaran menggunakan *PhET Simulation*. Tes hasil belajar terdiri dari 25 soal pilihan ganda yang telah diuji validitas dan reliabilitasnya menggunakan aplikasi statistik SPSS. Skor yang diberikan untuk jawaban adalah 0 dan 1. Instrumen yang digunakan telah dinyatakan valid dan reliabel dengan nilai 0,84. Selain itu, peneliti juga menggunakan angket untuk mengukur respons siswa terhadap pembelajaran berbantuan *PhET Simulation*, yang terdiri dari pernyataan-pernyataan berbasis skala *Likert*.

Proses pengumpulan data dilakukan melalui tiga tahapan utama. Tahap pertama adalah pelaksanaan *pretest*, di mana siswa diberikan tes awal untuk mengetahui kemampuan awal mereka sebelum diberikan perlakuan. Tahap kedua adalah perlakuan berupa pembelajaran berbantuan *PhET Simulation*, yang dirancang untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep suhu dan kalor. Tahap ketiga adalah pelaksanaan *posttest* untuk mengukur hasil belajar siswa setelah perlakuan diberikan. Data yang diperoleh dari *pretest* dan *posttest* dianalisis menggunakan perhitungan *N-gain* untuk mengukur peningkatan hasil belajar.

Analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan menggunakan statistik deskriptif dan inferensial. Statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan distribusi data hasil *pretest* dan *posttest*, sedangkan statistik inferensial digunakan untuk menguji hipotesis penelitian. Perhitungan *N-gain* dilakukan untuk mengukur efektivitas pembelajaran, dengan interpretasi hasil berdasarkan kategori tinggi, sedang, dan rendah. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pengembangan pembelajaran fisika berbasis teknologi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan rata-rata hasil tes hasil belajar pada materi suhu dan kalor setelah siswa melakukan pembelajaran menggunakan *PhET Simulation*. Secara lebih rinci, nilai rata-rata *pretest* adalah 48,08 dengan standar deviasi 14,634, yang menunjukkan sebaran nilai yang cukup besar di antara siswa. Nilai terkecil pada *pretest* adalah 20, sedangkan nilai terbesar adalah 76.

Setelah perlakuan, nilai rata-rata *posttest* meningkat menjadi 64,56, dengan standar deviasi 12,829. Hal ini menunjukkan bahwa nilai siswa menjadi lebih terpusat dan stabil setelah proses pembelajaran. Nilai terkecil yang diperoleh siswa pada *posttest* adalah 44, sementara nilai terbesar adalah 89. Statistik deskriptif untuk hasil *pretest* dan *posttest* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Skor *Pretest* dan *Posttest* pada Materi Suhu Kalor

<i>Statistic</i>	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
<i>Mean</i>	48,08	64,56
<i>Standard Deviation</i>	14,634	12,829
<i>Minimum</i>	20	44
<i>Maximum</i>	76	89

Hasil tes penguasaan konsep suhu dan kalor siswa SMA kelas XI menunjukkan peningkatan rata-rata nilai antara *pretest* dan *posttest*. Rata-rata nilai *pretest* sebesar 48,08 menunjukkan bahwa sebelum pembelajaran menggunakan *PhET Simulation*, siswa memiliki penguasaan konsep yang masih rendah. Sebaliknya, rata-rata nilai *posttest* sebesar 64,56 mencerminkan adanya peningkatan penguasaan konsep setelah diterapkannya pembelajaran berbasis simulasi interaktif. Peningkatan ini juga diiringi dengan penyempitan sebaran nilai, sebagaimana ditunjukkan oleh standar deviasi *pretest* (14,634) yang lebih besar dibandingkan *posttest* (12,829). Hal ini mengindikasikan bahwa pembelajaran menggunakan *PhET Simulation* tidak hanya meningkatkan rata-rata skor siswa, tetapi juga meningkatkan konsistensi pemahaman siswa dalam satu kelas.

Penemuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya, yang menyatakan bahwa media pembelajaran *PhET Simulation* mampu memvisualisasikan konsep-konsep fisika yang abstrak dengan cara yang mudah dipahami oleh siswa (Rizaldi et al., 2020). Simulasi ini membantu siswa melihat proses fisika secara nyata melalui animasi, sehingga mengurangi kesalahpahaman konsep yang sering terjadi dalam pembelajaran konvensional. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis simulasi lebih efektif dibandingkan metode konvensional dalam meningkatkan penguasaan konsep fisika (Prihatiningtyas et al., 2013).

Media pembelajaran seperti *PhET Simulation* memungkinkan siswa untuk memahami konsep melalui pendekatan yang lebih kontekstual dan personal. Dengan adanya fitur interaktif, siswa dapat mengeksplorasi berbagai variabel yang memengaruhi fenomena fisika, sehingga pembelajaran menjadi lebih fleksibel dan sesuai dengan kebutuhan individu (Sadidah & Irvani, 2021). Proses eksplorasi ini tidak hanya membantu siswa dalam memahami materi, tetapi juga mendorong mereka untuk berpikir kritis dalam menganalisis hasil simulasi. Pendekatan semacam ini memberikan pengalaman belajar yang lebih kaya dibandingkan metode pembelajaran tradisional yang cenderung pasif.

Peningkatan rata-rata nilai dari *pretest* ke *posttest* mencerminkan efektivitas *PhET Simulation* dalam mengatasi hambatan pembelajaran pada materi suhu dan kalor. Hal ini karena simulasi memungkinkan siswa untuk melakukan eksperimen virtual, mengamati perubahan suhu, perpindahan kalor, dan pengaruh kalor pada berbagai zat secara interaktif (Irvani et al., 2017; Novita & Fatmi, 2023). Dengan demikian, siswa tidak hanya memahami konsep secara teoritis, tetapi juga melalui eksplorasi visual yang mendalam.

Meskipun demikian, untuk memastikan bahwa perbedaan rata-rata antara pretest dan posttest benar-benar signifikan dan tidak terjadi secara kebetulan, diperlukan uji statistik. Uji ini bertujuan untuk mengukur apakah peningkatan nilai yang terjadi benar-benar merupakan efek dari pembelajaran menggunakan *PhET Simulation*. Selain itu, hasil pembelajaran ini menunjukkan perlunya integrasi teknologi dalam pembelajaran fisika untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih efektif dan menarik bagi siswa.

Uji statistik dilakukan menggunakan Paired T-Test dengan pertimbangan data terdistribusi normal. Adapun hasil uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Data *Pretest* dan *Posttest*

	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
	<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>	<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>
<i>Pretest</i>	,150	25	,153	,971	25	,659
<i>Posttest</i>	,116	25	,200*	,964	25	,494

Karena nilai *sig.* > 0.05 baik untuk *pretest* maupun *posttest*, maka dapat disimpulkan bahwa kedua data terdistribusi normal. Sehingga statistik parametris dapat dilakukan untuk menguji signifikansi perbedaan rata-rata yang ada. Adapun hasil Paired T-Test untuk membandingkan rata-rata *pretest* dan *posttest* dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Statistik *Paired T-Test* nilai *Pretest* dan *Posttest*

		<i>Paired Differences</i>					<i>t</i>	<i>df</i>	<i>Sig. (2-tailed)</i>
		<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>	<i>Std. Error Mean</i>	<i>95% Confidence Interval of the Difference</i>				
<i>Pair</i>	<i>Pretest - Posttest</i>				<i>Lower</i>	<i>Upper</i>			
1		-16,480	23,731	4,746	-26,276	-6,684	-3,472	24	,002

Berdasarkan Tabel 3, hasil uji *Paired T-Test* menunjukkan perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest* siswa. Rata-rata selisih nilai (*mean difference*) adalah -16,480, yang mengindikasikan adanya peningkatan nilai dari *pretest* ke *posttest*. Simpangan baku selisih nilai sebesar 23,731, sedangkan *standar error mean* adalah 4,746. Interval kepercayaan 95% untuk perbedaan rata-rata berada dalam rentang -26,276 hingga -6,684, yang tidak mencakup nilai nol, sehingga mendukung adanya perbedaan signifikan.

Nilai t-hitung yang diperoleh adalah -3,472 dengan derajat kebebasan (*df*) sebesar 24, dan nilai signifikansi (*Sig. 2-tailed*) sebesar 0,002. Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa perbedaan rata-rata nilai *pretest* dan *posttest* adalah signifikan. Dengan demikian, penggunaan media pembelajaran *PhET Simulation* memberikan pengaruh nyata dalam meningkatkan hasil belajar siswa pada materi suhu dan kalor.

Hasil ini mendukung efektivitas penerapan *PhET Simulation* dalam pembelajaran, sebagaimana dilaporkan dalam penelitian sebelumnya oleh Rizaldi *et al.* (2020), yang menyatakan bahwa simulasi interaktif mampu meningkatkan pemahaman konsep fisika siswa. Hal ini disebabkan

oleh kemampuannya dalam memvisualisasikan konsep abstrak dan memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik dan interaktif.

Hasil uji statistik ini memperkuat keyakinan bahwa penerapan media pembelajaran berbasis teknologi dapat meningkatkan hasil belajar siswa secara signifikan. Guru diharapkan dapat memanfaatkan temuan ini untuk mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran fisika agar lebih efektif dan relevan dengan kebutuhan siswa.

Untuk memperjelas pengaruh dari *PhET Simulation* ini selanjutnya dilihat hasil *effect size*. Adapun hasil *effect size* yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil *Effect Size* Penggunaan *PhET Simulation*

	Standardizer ^a	Point Estimate	95% Confidence Interval		
			Lower	Upper	
<i>Pai</i> Pretest -	Cohen's <i>d</i>	23,731	-,694	-1,127	-,251
<i>r</i> 1 Posttest	Hedges' correction	24,110	-,684	-1,109	-,247

Hasil perhitungan *effect size* berdasarkan uji *Paired T-Test* menunjukkan bahwa nilai *Cohen's d* untuk perbedaan antara *pretest* dan *posttest* adalah -0,694. Menurut kriteria interpretasi Cohen, nilai ini masuk dalam kategori sedang, yang mengindikasikan bahwa penggunaan *PhET Simulation* memiliki dampak yang cukup berarti terhadap peningkatan hasil belajar siswa pada materi suhu dan kalor.

Nilai *effect size* yang berada pada kategori sedang menunjukkan bahwa pengaruh pembelajaran berbantuan *PhET Simulation* tidak hanya bersifat signifikan secara statistik, tetapi juga memberikan dampak praktis yang cukup kuat. Dengan kata lain, siswa tidak hanya mengalami peningkatan nilai, tetapi perubahan tersebut memiliki arti penting dalam konteks pendidikan, terutama dalam pembelajaran fisika.

Penggunaan *PhET Simulation* juga mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, dan kemampuan pemecahan masalah. Ketika siswa dihadapkan pada simulasi yang interaktif, mereka dituntut untuk menganalisis berbagai skenario pembelajaran, mengidentifikasi pola, dan menarik kesimpulan berdasarkan hasil yang mereka amati (Mulvia & Lestari, 2023). Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual siswa tetapi juga membekali mereka dengan keterampilan yang relevan untuk menghadapi tantangan dunia modern. Hal ini menjadikan *PhET Simulation* lebih dari sekadar media pembelajaran, melainkan juga alat untuk membangun kompetensi siswa secara menyeluruh.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Prihatiningtyas *et al.* (2013), yang menemukan bahwa pembelajaran berbasis simulasi interaktif memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil belajar siswa, khususnya pada materi fisika yang bersifat abstrak. Simulasi seperti PhET tidak hanya membantu siswa memahami konsep, tetapi juga meningkatkan motivasi dan keterlibatan dalam proses belajar.

Selain itu, nilai *Cohen's d* ini juga mencerminkan efektivitas media *PhET Simulation* dalam mendukung pembelajaran abad ke-21, di mana integrasi teknologi menjadi kunci dalam menciptakan pengalaman belajar yang lebih relevan dan menarik. Guru dapat mempertimbangkan hasil ini sebagai dasar untuk lebih banyak menggunakan media pembelajaran berbasis teknologi

dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Hasil *effect size* ini memperkuat argumen bahwa *PhET Simulation* adalah media pembelajaran yang efektif dan dapat diadopsi secara lebih luas dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep abstrak.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *PhET Simulation* secara signifikan meningkatkan penguasaan konsep siswa pada materi suhu dan kalor. Peningkatan ini terlihat dari perbedaan rata-rata nilai *pretest* dan *posttest*, di mana nilai rata-rata *pretest* sebesar 48,08 meningkat menjadi 64,56 pada *posttest*. Selain itu, hasil uji *Paired T-Test* menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik dengan nilai signifikansi 0,002, yang mengindikasikan bahwa peningkatan hasil belajar siswa bukan terjadi secara kebetulan.

Hasil perhitungan *effect size* menunjukkan nilai *Cohen's d* sebesar -0,694, yang berada dalam kategori sedang. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *PhET Simulation* memberikan dampak yang cukup berarti terhadap pemahaman konsep fisika siswa. Simulasi ini memungkinkan siswa untuk memvisualisasikan konsep abstrak secara interaktif, sehingga meningkatkan efektivitas pembelajaran.

Penelitian ini mempertegas pentingnya integrasi teknologi dalam pembelajaran fisika untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik, relevan, dan efektif. Dengan *PhET Simulation*, siswa tidak hanya memahami materi secara teoritis, tetapi juga melalui eksplorasi visual yang mendalam. Guru diharapkan dapat memanfaatkan media ini untuk meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses belajar.

Sebagai rekomendasi, penggunaan *PhET Simulation* dapat diperluas ke materi fisika lainnya untuk mengoptimalkan hasil belajar siswa. Penelitian lanjutan juga perlu dilakukan untuk mengeksplorasi efektivitas *PhET Simulation* pada berbagai konteks pembelajaran dan jenjang pendidikan yang berbeda. Dengan demikian, pendekatan ini dapat memberikan kontribusi yang lebih besar dalam pengembangan pembelajaran berbasis teknologi di era digital.

REFERENSI

- Agustina, S., Wahyudi, W., & Verawati, N. N. S. P. (2024). Pengaruh Model Project Based Learning Berbantuan Simulasi Phet Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Fisika Peserta Didik SMAN 8 Mataram. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 5(1), 75–80.
- Agustini, R. P., & Irvani, A. I. (2023). Analisis Keterampilan Kolaboratif Siswa dalam Kegiatan Praktikum Pesawat Sederhana. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 3(2), 215–222. <https://doi.org/10.52434/jpif.v3i2.2570>
- Creswell, J. W., & Guetterman, T. C. (2019). *Educational research : planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*. Pearson Education.
- Hadar, L. L., & Brody, D. L. (2021). Interrogating the role of facilitators in promoting learning in teacher educators' professional communities. *Professional development in education*, 47(4), 599–612.

- Irvani, A. I. (2022). Merancang Media Pembelajaran Berdasarkan Bagaimana Siswa Belajar. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/10.52188/jpfs.v5i1.205>
- Irvani, A. I., Sriyati, S., Nahadi, N., Sinaga, P., & ... (2024). Evaluasi Program Perkuliahan Fisika Kuantum dengan Virtual Lab Menggunakan Model CIPP. *JURNAL PENDIDIKAN ...* <https://doi.org/10.37630/jpm.v14i2.1603>
- Irvani, A. I., Suhandi, A., & Hasanah, L. (2017). Pengaruh Integrasi Proses Reasearching Reasoning Reflecting (3R) pada Model Problem Based Learning (PBL) terhadap Domain Pengetahuan Literasi Sainifik Siswa SMA Kelas X. *Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya (JIFP)*, 1(1), 33–38. <https://doi.org/10.19109/JIFP.V1I1.1201>
- Irvani, A. I., Warliani, R., & Amarulloh, R. R. (2020). Pelatihan Pemanfaatan Teknologi Informasi Komunikasi Sebagai Media Pembelajaran. *Jurnal PkM MIFTEK*, 1(1), 35–41. <https://doi.org/10.33364/MIFTEK/V.1-1.35>
- Jovanović, A., & Milosavljević, A. (2022). VoRtex Metaverse platform for gamified collaborative learning. *Electronics*, 11(3), 317.
- Mulvia, R., & Lestari, I. F. (2023). Validitas Lembar Kerja Digital untuk Eksperimen Fisika berbasis Physics Demonstration Videos on YouTube (PDVY). *Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya (JIFP)*, 7(2), 14–22.
- Nefrita, N. (2019). Implementation of phet learning media in efforts to improve activities and physics learning outcomes of students in class xi sma 4 pekanbaru. *Jurnal Geliga Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 46–54.
- Novita, N., & Fatmi, N. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran PBL dengan Media PhET Terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa. *Journal on Education*, 5(3), 6092–6100.
- Paling, S., Makmur, A., Albar, M., Susetyo, A. M., Putra, Y. W. S., Rajiman, W., Djamilah, S., Suhendi, H. Y., & Irvani, A. I. (2024). *Media Pembelajaran Digital*. TOHAR MEDIA.
- Perkins, K. (2006). PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics. *Physics Teacher*, 44(1), 18–23. <https://doi.org/10.1119/1.2150754>
- Prihatiningtyas, S., Prastowo, T., & Jatmiko, B. (2013). Implementasi simulasi PhET dan KIT sederhana untuk mengajarkan keterampilan psikomotor siswa pada pokok bahasan alat optik. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 2(1).
- Qolbi, W. N., Irvani, A. I., & Warliani, R. (2024). THE EFFECTIVENESS OF THE CREATIVE PROBLEM SOLVING (CPS) MODEL ASSISTED BY YOUME (YOUTUBE MEDIA) IN IMPROVING THE CREATIVE THINKING SKILLS OF HIGH SCHOOL STUDENTS. *PILLAR OF PHYSICS EDUCATION*, 17(4), 269–275. <https://doi.org/10.24036/16252171074>
- Rawzis, K., Irvani, A. I., Elviana, T., Abe, Y., & Chatimah, H. (2024). A Decade of Bibliometrics Exploration on Wind Tunnel as Learning Media in Fluid Mechanics. *Tarbiyah Suska Conference Series*, 3(1), 86–103. <https://jom.uin-suska.ac.id/index.php/TSCS/article/view/3602>
- Rizaldi, D. R., Doyan, A., Fatimah, Z., Zaenudin, M., & Zaini, M. (2021). Strategies to improve teacher ability in using the madrasah e-learning application during the COVID-19 pandemic.

International Journal of Engineering, Science and Information Technology, 1(2), 1–6.

Rizaldi, D. R., Jufri, A. W., & Jamaluddin, J. (2020). PhET: Simulasi interaktif dalam proses pembelajaran fisika. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(1), 10–14.

Sadidah, A., & Irvani, A. I. (2021). Analisis Penggunaan Simulasi Interaktif dalam Pembelajaran pada Topik Hukum Coulomb. *JURNAL Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 1(2), 69–74. <https://doi.org/10.52434/JPIF.V1I2.1508>

Suhirman, & Prayogi, S. (2023). Problem-based learning utilizing assistive virtual simulation in mobile application to improve students' critical thinking skills. *Humanities and Social Sciences Letters*, 11(3), 351–364. <https://doi.org/10.18488/61.v11i3.3380>

Sulastri, H. P., Irvani, A. I., & Warliani, R. (2024). PENGEMBANGAN MODUL DIGITAL FISIKA BERBASIS PROJECT BASED LEARNING (PjBL) DALAM MENINGKATKAN MINAT BELAJAR PESERTA DIDIK. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 97–111. <https://doi.org/10.37478/optika.v8i1.3696>

Syahdah, V. S., & Irvani, A. I. (2023). Kesulitan Menanamkan Jiwa Percaya Diri terhadap Kemampuan Mengerjakan Soal Fisika. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 3(1), 163–171. <https://doi.org/10.52434/jpif.v3i1.1586>

Tran, M.-K., Mevawalla, A., Aziz, A., Panchal, S., Xie, Y., & Fowler, M. (2022). A review of lithium-ion battery thermal runaway modeling and diagnosis approaches. *Processes*, 10(6), 1192.

Warliani, R., Irvani, A. I., & Khoiril, A. (2023). Analisis Modul Ajar Fisika berbasis Kearifan Lokal pada Platform Merdeka Mengajar. *Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya (JIFP)*, 7(2), 7–13. <https://doi.org/10.19109/jifp.v7i2.19297>

Warsah, I., Morganna, R., Uyun, M., Afandi, M., & Hamengkubuwono, H. (2021). The impact of collaborative learning on learners' critical thinking skills. *International Journal of Instruction*, 14(2), 443–460.

Yuanata, B. E., Dwikoranto, D., & Setiani, R. (2023). Profile of the PhET Assisted Problem-Based Learning Model for Improving Critical Thinking Skills of High School Students. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram*, 11(3), 870. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v11i3.8415>