

## Efektivitas Simulasi PhET dan Praktikum untuk Meningkatkan KPS Siswa pada Energi Terbarukan: *Pretest–Posttest*

Sarah Pramitha<sup>1</sup>, Mega Afiani Wulandari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

<sup>2</sup>Sekolah Menengah Atas Swasta Pelita Raya, Kota Jambi, Jambi, Indonesia

Alamat: Jl. Raya Jambi Muara Bulian Km 15, Desa Mandalo Darat, Kab. Muaro Jambi

Korespondensi penulis: [sarahpramitha77@gmail.com](mailto:sarahpramitha77@gmail.com)

**Abstract.** *This study aims to analyze the effectiveness of the PhET Simulation and Practical Method in improving students' science process skills on the topic of renewable energy. The research employed a quantitative approach using a pretest–posttest group design involving two tenth-grade classes. Class XE1 received treatment using PhET simulations, while class XE2 conducted hands-on practical activities. Data were collected through pretests and posttests consisting of indicators such as observing, interpreting, communicating, planning, predicting, evaluating, processing data, and drawing conclusions. The results show that both classes experienced an increase in science process skills, with PhET simulations showing improvement of lower-achieving students and practicum generating more evenly distributed learning outcomes. Descriptive statistical analysis, including mean, median, mode, standard deviation, highest and lowest scores, revealed significant improvements in both groups. Overall, the study concludes that both methods are effective, with PhET simulations excelling in conceptual visualization while practicum strengthens concrete scientific experience.*

**Keywords:** *PhET Simulation, Practicum, Pretest–Posttest, Renewable Energy, Science Process Skills*

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas Simulasi PhET dan metode Praktikum dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa pada materi energi terbarukan. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain pretest–posttest group design pada dua kelas X. Kelas XE1 diberi perlakuan menggunakan simulasi PhET, sedangkan kelas XE2 melakukan kegiatan praktikum. Data diperoleh melalui tes pretest dan posttest yang mencakup indikator mengamati, menafsirkan, mengomunikasikan, merencanakan, memprediksi, mengevaluasi, memproses data, dan menarik kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua metode mampu meningkatkan keterampilan proses sains, dengan simulasi PhET lebih efektif bagi siswa berkemampuan awal rendah, sedangkan praktikum menghasilkan peningkatan yang lebih merata. Analisis statistik deskriptif berupa mean, median, modus, standar deviasi, nilai tertinggi, dan nilai terendah menunjukkan peningkatan signifikan pada kedua kelas. Secara keseluruhan, penelitian menyimpulkan bahwa kedua metode efektif, di mana simulasi unggul pada visualisasi konsep, sementara praktikum menguatkan pengalaman ilmiah nyata.

**Kata kunci:** Energi Terbarukan, Keterampilan Proses Sains, Praktikum, Pretest–Posttest, Simulasi PhET.

### LATAR BELAKANG

Pembelajaran sains di era kecerdasan buatan menuntut adanya metode yang mampu meningkatkan kemampuan berpikir ilmiah siswa. Namun kenyataannya, banyak siswa

masih kesulitan menerapkan langkah-langkah ilmiah seperti mengamati, menafsirkan data, dan menyimpulkan dalam proses pembelajaran (Elvanisi et al., 2018). Penelitian lain menunjukkan bahwa penerapan keterampilan proses sains sangat berpengaruh terhadap prestasi fisika siswa, di mana penggunaan keterampilan proses sains dapat meningkatkan pemahaman konsep setelah pretest–posttest (Magister et al., 2018). Kondisi tersebut semakin tampak pada materi Energi Terbarukan yang memerlukan pemahaman konseptual mendalam serta kemampuan analisis yang kuat. Keterbatasan siswa dalam melakukan proses ilmiah ini menunjukkan perlunya perbaikan pada pendekatan pembelajaran yang diterapkan di kelas, sehingga penelitian ini berfokus untuk mengevaluasi efektivitas metode pembelajaran tertentu dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa.

Metode pembelajaran yang memanfaatkan teknologi, seperti Simulasi PhET, menawarkan pengalaman belajar interaktif melalui visualisasi konsep-konsep energi yang bersifat abstrak (Wardani & Rosdiana, 2022). Melalui simulasi tersebut, siswa dapat mengeksplorasi berbagai fenomena energi tanpa dibatasi oleh keterbatasan alat laboratorium sekolah, sehingga memperluas kesempatan eksplorasi ilmiah (Ngadinem, 2017). Pendekatan ini juga memungkinkan siswa melakukan eksperimen secara mandiri dalam lingkungan virtual yang aman, fleksibel, dan mudah diakses, yang dapat meningkatkan keterlibatan dan pemahaman konsep (Purwana Saputra, 2025). Sementara itu, metode Praktikum memberikan pengalaman langsung yang melibatkan siswa dalam proses pengamatan nyata terhadap konsep energi terbarukan, yang sangat mendukung pengembangan keterampilan proses sains siswa (Entang & Utama, 2023). Kedua metode ini memiliki karakteristik unik yang berpotensi memengaruhi perkembangan keterampilan proses sains siswa dengan cara yang berbeda, baik melalui representasi digital maupun pengalaman fisik.

Penerapan dua metode tersebut memberikan peluang untuk melihat perbandingan peningkatan keterampilan proses sains siswa secara lebih objektif. Simulasi PhET memberikan visualisasi konsep yang cepat sehingga dapat membantu siswa memahami materi dengan lebih mudah (Setiadi, Kartowagiran, & Winarso, 2023). Sebaliknya, praktikum menawarkan pengalaman belajar yang lebih konkret karena melibatkan kegiatan fisik secara langsung, yang terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains (Safitri & Susiyawati, 2024). Perbedaan jenis pengalaman belajar ini

berpotensi menghasilkan variasi pemahaman dan cara berpikir ilmiah yang berbeda antar siswa. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk mengetahui metode mana yang memberikan hasil paling optimal dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa.

Penelitian ini memiliki satu tujuan utama, yaitu menganalisis dan membandingkan peningkatan keterampilan proses sains siswa melalui metode Simulasi PhET pada kelas A dan metode Praktikum pada kelas B. Analisis dilakukan dengan memanfaatkan hasil pretest dan posttest pada materi Energi Terbarukan. Perbandingan data dari kedua kelas memberikan gambaran yang jelas mengenai efektivitas masing-masing metode terhadap peningkatan kemampuan ilmiah siswa. Pendekatan ini memungkinkan peneliti menilai secara langsung perubahan hasil belajar sebelum dan sesudah perlakuan diberikan. Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan bukti empiris mengenai pengaruh kedua metode tersebut terhadap keterampilan proses sains siswa.

Secara konseptual, keterampilan proses sains mencakup kemampuan seperti mengamati, menafsirkan, mengklasifikasi, merumuskan hipotesis, dan menarik kesimpulan (Elvanisi, et al., 2018). Kemampuan ini menjadi dasar penting dalam pembelajaran sains karena membantu siswa berpikir kritis, sistematis, dan berbasis bukti (Aktapianti et al., 2023). Metode Simulasi PhET dan Praktikum sama-sama berorientasi pada pembelajaran aktif yang memungkinkan siswa terlibat langsung dalam proses ilmiah. Simulasi memberikan pengalaman eksploratif berbasis visual yang membantu siswa memahami konsep melalui representasi digital, sementara praktikum memberikan pengalaman konkret melalui interaksi fisik dengan alat dan bahan. Perbedaan cara kerja kedua metode ini menjadikannya layak untuk dibandingkan dalam konteks peningkatan keterampilan proses sains siswa.

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi guru dalam memilih metode pembelajaran yang paling sesuai dengan kebutuhan siswa dan karakteristik materi. Hasil penelitian juga dapat menjadi acuan bagi sekolah dalam meningkatkan kualitas pembelajaran sains berbasis bukti empiris. Selain itu, penelitian ini dapat memperkaya kajian mengenai penggunaan teknologi dan aktivitas praktikum dalam pembelajaran sains modern. Temuan penelitian ini juga diharapkan mendorong pengembangan desain pembelajaran yang lebih interaktif dan efektif di lingkungan sekolah. Secara keseluruhan, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap peningkatan kualitas pembelajaran sains pada era digital.

## KAJIAN TEORITIS

Simulasi PhET adalah media pembelajaran interaktif berbasis komputer yang dirancang untuk memvisualisasikan konsep-konsep sains yang bersifat abstrak. PhET memungkinkan siswa melakukan eksplorasi mandiri melalui manipulasi variabel, pengamatan hubungan sebab-akibat, serta percobaan virtual yang menyerupai eksperimen nyata. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan PhET secara terintegrasi dalam model pembelajaran inkuiri terbimbing mampu meningkatkan keterampilan proses sains dan penguasaan konsep siswa (Chotimah, Setyawarno, & Rosana, 2023). Selain itu, penggunaan simulasi PhET terbukti efektif dalam meningkatkan motivasi serta kemampuan pemecahan masalah siswa pada pembelajaran fisika (Susilawati et al., 2022). Temuan lain juga menguatkan bahwa laboratorium virtual berbasis PhET dapat meningkatkan keterampilan proses sains secara signifikan karena menyediakan pengalaman eksperimen yang sistematis dan mendalam meskipun tanpa laboratorium fisik (Siti Fatimah & Suryandari, 2023). Dengan demikian, PhET tidak hanya memudahkan pemahaman konsep, tetapi juga mendukung pengembangan keterampilan proses sains siswa secara menyeluruh.

Keterampilan proses sains (KPS) merupakan seperangkat keterampilan dasar dan keterampilan terintegrasi yang digunakan untuk memahami fenomena ilmiah. KPS meliputi mengamati, mengklasifikasi, memprediksi, mengukur, menginterpretasikan data, merumuskan hipotesis, mengendalikan variabel, serta menyimpulkan. Penelitian Elvanisi, Hidayat, dan Fadillah (2018) menunjukkan bahwa penguasaan KPS siswa SMA berada pada kategori sedang, di mana indikator dasar seperti mengamati dan mengklasifikasi relatif baik, tetapi indikator tingkat tinggi seperti merumuskan hipotesis dan merencanakan eksperimen masih rendah sehingga membutuhkan penguatan melalui pembelajaran yang sistematis. Temuan ini menegaskan bahwa KPS merupakan fondasi penting dalam proses pembelajaran karena mencerminkan kemampuan berpikir ilmiah siswa. Oleh karena itu, penerapan pendekatan berbasis investigasi seperti simulasi PhET maupun praktikum sangat relevan untuk meningkatkan KPS, sebab aktivitas tersebut memungkinkan siswa menjalani proses ilmiah secara langsung dan terstruktur.

Materi energi terbarukan mencakup konsep-konsep seperti energi surya, angin, biomassa, panas bumi, dan hidro yang menekankan pemahaman prinsip kerja teknologi energi berkelanjutan serta relevansinya terhadap kehidupan sehari-hari. Penelitian

Yennita, Yasuna, dan Zulirfan (2023) menunjukkan bahwa media proyek energi alternatif dinilai sangat praktis digunakan pada pembelajaran fisika SMA, karena membantu siswa memahami konsep konversi energi melalui pengalaman langsung yang konkret. Selain itu, penelitian lain oleh Entang dan Utama (2023) mengembangkan media pembelajaran berbasis pembangkit listrik tenaga surya dan menemukan bahwa media tersebut efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep energi terbarukan, terutama aspek hubungan antara intensitas cahaya dan daya listrik yang dihasilkan. Dengan bantuan simulasi seperti PhET atau perangkat praktikum berbasis energi surya, siswa dapat memvisualisasikan hubungan antarvariabel fisika secara lebih jelas, sehingga konsep energi terbarukan yang abstrak menjadi lebih mudah dipahami dan lebih bermakna.

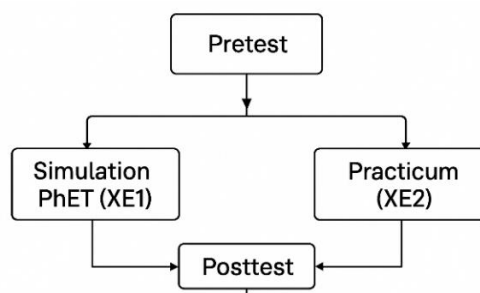
Penggabungan antara simulasi PhET dan praktikum memberikan pengalaman belajar yang lebih kaya dibandingkan penggunaan salah satu metode saja. PhET dapat digunakan untuk mengenalkan konsep, memprediksi fenomena, dan melakukan eksperimen virtual sebelum siswa melakukan praktikum nyata (virtual–real lab sequence). Pendekatan ini membantu siswa membangun pemahaman awal, mengurangi miskonsepsi, serta meningkatkan kesiapan dalam melaksanakan eksperimen. Penelitian oleh Azhar, Irianti, dan Rahmadhani (2023) menunjukkan bahwa model pembelajaran guided discovery berbantuan virtual lab PhET secara signifikan meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Temuan ini sejalan dengan Fitriani (2024) yang membuktikan bahwa penggunaan laboratorium virtual berbasis PhET memiliki efektivitas sebanding dengan praktikum nyata dalam meningkatkan penguasaan konsep, sehingga kombinasi keduanya memberikan hasil belajar yang lebih optimal. Dengan demikian, integrasi simulasi PhET dan praktikum diyakini mampu menghasilkan pengalaman pembelajaran yang komprehensif, terutama dalam konteks energi terbarukan yang membutuhkan pemahaman konsep dan keterampilan eksperimen secara bersamaan.

## **METODE PENELITIAN**

### **1. Rancangan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, yaitu pendekatan penelitian yang menekankan pengukuran numerik dan analisis statistik untuk mengevaluasi hubungan antar variabel secara objektif (Siroj et al., 2024). Metode kuantitatif kerap dipilih karena memungkinkan peneliti mengumpulkan data dalam bentuk angka dan menguji hipotesis secara sistematis (Ammara Jauza & Albina, 2024). Dalam penelitian ini, desain pretest–

posttest group design diterapkan untuk mengetahui efektivitas Simulasi PhET dan Praktikum terhadap keterampilan proses sains siswa. Kelas XE1 mendapatkan perlakuan Simulasi PhET sementara kelas XE2 melakukan praktikum langsung, lalu dilakukan pretest dan posttest untuk mengukur perubahan keterampilan. Desain ini dipilih karena mampu menunjukkan perubahan hasil belajar secara objektif melalui perbandingan skor sebelum dan sesudah perlakuan pada kedua kelompok. Adapun rancangan penelitian sebagai berikut:



**Gambar 1. Rancangan Penelitian**

## 2. Kehadiran Peneliti

Peneliti hadir secara langsung dan berperan sebagai pemberi perlakuan pada kedua kelas selama kegiatan pembelajaran berlangsung. Pada kelas XE1, peneliti mengajar menggunakan simulasi PhET yang menampilkan dinamika energi potensial, kinetik, dan mekanik melalui model interaktif. Pada kelas XE2, peneliti mengajar menggunakan metode praktikum dengan panduan langkah-langkah percobaan energi terbarukan. Kehadiran peneliti memungkinkan konsistensi dalam pemberian instruksi, penyampaian materi, dan pengelolaan waktu pada dua metode pembelajaran yang berbeda. Peneliti juga memastikan bahwa kegiatan berlangsung sesuai dengan skenario pembelajaran yang telah dirancang. Selain sebagai pemberi perlakuan, peneliti mencatat respon dan keterlibatan siswa selama proses pembelajaran.

## 3. Subjek dan Lokasi Penelitian

Subjek penelitian adalah siswa kelas XE1 dan XE2 SMA Swasta Pelita Raya Kota Jambi pada tahun ajaran berjalan. Kelas XE1 terdiri atas 23 siswa dengan jumlah kehadiran 19 siswa pada saat penelitian berlangsung. Kelas XE2 terdiri atas 26 siswa dengan jumlah kehadiran 25 siswa pada saat penelitian. Penelitian dilaksanakan di ruang kelas masing-masing, sesuai dengan pembagian perlakuan yang telah ditentukan. Pemilihan lokasi ini mempertimbangkan ketersediaan perangkat komputer atau laptop untuk simulasi PhET

di kelas XE1 dan ketersediaan alat praktikum energi terbarukan di kelas XE2. Kedua kelas berada dalam lingkungan sekolah yang sama sehingga perbedaan perlakuan tidak dipengaruhi oleh kondisi eksternal sekolah.

#### **4. Teknik Pengumpulan Data dan Pengembangan Instrumen**

Data penelitian dikumpulkan melalui tes pretest dan posttest yang dirancang untuk mengukur keterampilan proses sains siswa pada materi energi terbarukan, sehingga memungkinkan analisis perubahan kemampuan secara kuantitatif (Umroh & Fauziah, 2023). Instrumen tes berfungsi sebagai alat ukur formal yang menilai pencapaian kompetensi siswa secara sistematis berdasarkan indikator keterampilan proses sains yang telah ditetapkan. Butir soal dikembangkan dengan mengacu pada indikator seperti mengamati, menafsirkan, mengomunikasikan, merencanakan, memprediksi, mengevaluasi, memproses data, dan menarik kesimpulan. Pretest diberikan sebelum perlakuan untuk mengetahui kemampuan awal siswa di kedua kelas, sedangkan posttest diberikan setelah perlakuan untuk menilai peningkatan yang terjadi. Instrumen tes disusun secara konsisten agar dapat menggambarkan perbedaan peningkatan hasil belajar antara kedua metode pembelajaran secara objektif dan terukur.

#### **5. Teknik Analisis Data**

Data penelitian dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk menggambarkan karakteristik data secara sistematis, karena statistik deskriptif berfungsi merangkum dan mengorganisasikan data agar pola distribusi dapat terlihat dengan jelas (Purwanto, 2021). Analisis ini mencakup perhitungan mean, median, modus, standar deviasi, nilai tertinggi, dan nilai terendah pada hasil pretest dan posttest siswa. Ukuran-ukuran statistik tersebut penting digunakan karena dapat menunjukkan kecenderungan dan variasi hasil belajar siswa secara objektif (Sari & Yuliana, 2020). Perbandingan statistik deskriptif antara kelas XE1 (Simulasi PhET) dan XE2 (Praktikum) dilakukan untuk melihat perbedaan peningkatan keterampilan proses sains berdasarkan perubahan skor data. Seluruh analisis dihitung menggunakan Microsoft Excel agar pengolahan data lebih cepat, akurat, dan konsisten.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Peningkatan keterampilan proses sains siswa berdasarkan hasil analisis statistik deskriptif pada kelas XE1 yang menggunakan metode Simulasi PhET dan kelas XE2 yang

menggunakan metode Praktikum. Hasil analisis menunjukkan adanya perubahan nilai pada mean, median, modus, standar deviasi, nilai tertinggi, dan nilai terendah pada kedua kelas, baik sebelum maupun setelah diberikan perlakuan. Perbandingan ini memberikan gambaran mengenai efektivitas masing-masing metode dalam meningkatkan kemampuan ilmiah siswa. Temuan yang diperoleh kemudian ditafsirkan berdasarkan teori pembelajaran konstruktivistik dan penggunaan media pembelajaran interaktif untuk memperkuat analisis. Secara keseluruhan, pembahasan difokuskan pada perubahan capaian kedua kelompok yang relevan dengan tujuan penelitian.

**Tabel 1. Hasil Belajar Pada Kelas XE1 (Simulasi PhET)**

Parameter	Pretest	Posttest
Mean	64,21052105	81,403502
Median	73,333333	83,333333
Modus	86,666666	73,333333
Standar Deviasi	26,61666595	8,6292468
Nilai Tertinggi	89,999999	93,333332
Nilai Terendah	16,666667	63,333333

Pada kelas XE1, nilai mean mengalami peningkatan dari 64,21 pada pretest menjadi 81,40 pada posttest, yang menunjukkan adanya peningkatan kemampuan proses sains yang cukup signifikan. Nilai median juga naik dari 73,33 menjadi 83,33, yang menandakan pergeseran kemampuan mayoritas siswa ke level yang lebih tinggi. Modus berubah dari 86,67 pada pretest menjadi 73,33 pada posttest, menunjukkan adanya perubahan distribusi frekuensi nilai akibat peningkatan variasi kemampuan siswa. Hal ini sejalan dengan penurunan standar deviasi dari 26,61 menjadi 8,62, yang menandakan bahwa kemampuan siswa setelah perlakuan menjadi lebih homogen. Selain itu, nilai tertinggi meningkat dari 89,99 menjadi 93,33, sementara nilai terendah meningkat sangat signifikan dari 16,67 menjadi 63,33, yang menunjukkan bahwa Simulasi PhET mampu meningkatkan kemampuan siswa bahkan pada kelompok yang sebelumnya memiliki nilai rendah.

**Tabel 2. Hasil Belajar Pada Kelas XE2 (Praktikum)**

Parameter	Pretest	Posttest
-----------	---------	----------

Mean	54,9333328	85,7333
Median	56,66667	83,3333
Modus	83,33333	83,3333
Standar Deviasi	26,07183815	5,57109
Nilai Tertinggi	93,33333	96,6667
Nilai Terendah	13,33333	76,6667

Pada kelas XE2, nilai mean meningkat dari 54,93 pada pretest menjadi 85,73 pada posttest, yang menunjukkan peningkatan hasil belajar yang sangat baik. Nilai median meningkat dari 56,67 menjadi 83,33, yang menandakan peningkatan kemampuan pada kelompok siswa dengan kemampuan sedang. Modus meningkat dari 83,33 menjadi 83,33, yang berarti nilai yang paling sering muncul sebelum dan sesudah perlakuan tetap berada pada kategori tinggi. Standar deviasi menurun dari 26,07 menjadi 5,57, menunjukkan bahwa kemampuan siswa menjadi lebih merata setelah diberi perlakuan praktikum. Nilai tertinggi meningkat dari 93,33 menjadi 96,67, sedangkan nilai terendah meningkat dari 13,33 menjadi 76,67, yang memperlihatkan bahwa praktikum sangat berpengaruh terhadap peningkatan hasil belajar terutama pada siswa dengan kemampuan awal rendah.

Berdasarkan data yang diperoleh, kedua metode sama-sama meningkatkan keterampilan proses sains siswa, namun terdapat perbedaan dalam kecenderungan peningkatannya. Kelas XE1 menunjukkan peningkatan pada kelompok siswa dengan kemampuan rendah secara drastis, terlihat dari peningkatan nilai terendah dari 16,67 menjadi 63,33. Hal ini mengindikasikan bahwa Simulasi PhET sangat efektif dalam membantu siswa yang sebelumnya mengalami kesulitan memahami konsep energi. Sebaliknya, kelas XE2 menunjukkan peningkatan yang lebih merata pada seluruh kelompok siswa, dibuktikan dengan standar deviasi yang lebih kecil pada posttest (5,57) dibandingkan XE1 (8,62). Ini menunjukkan bahwa praktikum memberikan pengalaman belajar konkret yang membantu seluruh siswa memahami konsep secara lebih seragam. Dengan demikian, praktikum tampak lebih unggul dalam pemerataan kemampuan, sementara Simulasi PhET lebih unggul dalam membantu siswa yang kemampuan awalnya rendah.

Temuan penelitian ini sesuai dengan teori konstruktivisme yang menekankan pentingnya pengalaman belajar aktif dalam membangun pemahaman konsep sains. Simulasi PhET memungkinkan siswa melakukan eksplorasi visual interaktif sehingga membantu pemahaman konsep abstrak seperti energi potensial, energi kinetik, dan energi mekanik. Temuan ini selaras dengan penelitian Putri & Jumadi (2019) yang menyatakan bahwa simulasi PhET dapat meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan proses sains siswa melalui representasi visual interaktif. Sementara itu, praktikum memberikan pengalaman langsung yang memperkuat pemahaman melalui kegiatan observasi dan percobaan nyata, sebagaimana ditunjukkan oleh Rahmawati & Widodo (2020) bahwa pembelajaran berbasis praktikum secara signifikan meningkatkan keterampilan proses sains. Konsistensi temuan ini memperkuat bukti bahwa pembelajaran berbasis aktivitas, baik virtual maupun langsung, mampu meningkatkan kemampuan ilmiah siswa.

Hasil penelitian ini memberikan implikasi penting bagi guru fisika dalam memilih metode pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik siswa. Simulasi PhET dapat menjadi pilihan efektif untuk membantu siswa dengan kemampuan awal rendah, karena visualisasinya mempermudah pemahaman konsep abstrak. Di sisi lain, praktikum sangat baik digunakan untuk memastikan siswa memahami konsep secara mendalam dan merata. Temuan ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan strategi pembelajaran yang lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains. Selain itu, penelitian ini memberikan kontribusi bagi kajian pendidikan sains mengenai perbandingan efektivitas media virtual dan kegiatan eksperimen nyata dalam pembelajaran fisika..

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa baik kelas yang menggunakan simulasi PhET maupun kelas yang menggunakan praktikum sama-sama mengalami peningkatan keterampilan proses sains siswa pada materi energi terbarukan. Analisis statistik deskriptif melalui perbandingan mean, median, modus, standar deviasi, nilai tertinggi, dan nilai terendah menunjukkan adanya peningkatan kemampuan dari pretest ke posttest pada kedua kelas. Namun, peningkatan tersebut lebih tinggi pada kelas XE1 yang menggunakan simulasi PhET dibandingkan kelas XE2 yang melakukan praktikum. Simpulan ini menjawab rumusan masalah bahwa terdapat perbedaan efektivitas antara kedua metode, dan metode simulasi interaktif terbukti memberikan hasil yang lebih

optimal dalam meningkatkan keterampilan proses sains, terutama pada aspek mengamati, menafsirkan data, dan memprediksi kejadian ilmiah.

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan acuan bagi berbagai pihak. Bagi guru fisika, penggunaan simulasi PhET dapat dijadikan alternatif pembelajaran terutama ketika menghadapi keterbatasan alat praktikum atau ketika ingin menekankan pemahaman konsep abstrak melalui representasi visual interaktif. Praktikum tetap disarankan digunakan sebagai pendukung karena memberikan pengalaman langsung yang tidak tergantikan dalam membangun pemahaman empiris siswa. Bagi sekolah, penyediaan fasilitas teknologi seperti komputer atau proyektor perlu ditingkatkan agar simulasi dapat digunakan secara maksimal. Bagi peneliti berikutnya, disarankan untuk mengkaji efektivitas kombinasi metode simulasi dan praktikum pada materi lain serta menggunakan analisis statistik yang lebih luas sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai peningkatan keterampilan proses sains siswa.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis menyampaikan terima kasih kepada rekan-rekan mahasiswa yang telah memberikan dukungan, bantuan teknis, serta masukan selama proses pelaksanaan penelitian ini. Penghargaan yang sama juga penulis sampaikan kepada Ibu Mega Wulandari selaku guru fisika yang telah memberikan izin, bimbingan, dan kerja sama selama kegiatan pengambilan data berlangsung. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada seluruh siswa kelas X E1 dan X E2 yang telah berpartisipasi dengan penuh antusias dan bekerja sama dalam pelaksanaan pembelajaran serta pengisian instrumen penelitian. Tidak lupa, penulis menyampaikan apresiasi kepada SMA Swasta Pelita Raya yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Selain itu, penulis juga berterima kasih kepada diri sendiri atas komitmen, ketekunan, dan usaha yang telah dicurahkan hingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan maksimal.

## **DAFTAR REFERENSI**

Aktapianti, A. G., Darmaji, D., & Kurniawan, D. A. (2023). Analisis pentingnya keterampilan proses sains terhadap kemampuan berpikir kritis di SMA Se-Kecamatan Pelayung. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(1). <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i1.542>

- Ammara Jauza, N., & Albina, M. (2024). Model dan pendekatan penelitian kuantitatif: Kajian filosofis, metodologis, dan aplikatif. *QOUBA: Jurnal Pendidikan*, 2(1), 1–12. <https://doi.org/10.61104/qb.v2i1.280>
- Azhar, A., Irianti, M., & Rahmadhani, M. (2023). The effectiveness of the virtual lab-assisted guided discovery learning model on students' science process skills. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*. <https://doi.org/10.21009/1.09104>
- Chotimah, A. N., Setyawarno, D., & Rosana, D. (2023). Effect of guided inquiry model by PhET simulations worksheet on science process skills and mastery of concepts. *Journal of Science Education Research*, 7(2), 100–105. <https://doi.org/10.21831/jser.v7i2.63953>
- Elvanisi, A., Hidayat, S., & Fadillah, E. N. (2018). Analisis keterampilan proses sains siswa sekolah menengah atas. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 4(2), 245–252. <https://doi.org/10.21831/jipi.v4i2.21426>
- Entang, E., & Utama, D. (2023). Design and evaluation of solar power plant-based learning media for renewable energy education in high schools. *Journal of Counseling, Education and Society*, 4(1), 32–39. <https://jurnal.iicet.org/index.php/jces/article/view/4791>
- Entang, E., & Utama, J. A. (2023). Profil praktikum energi terbarukan di sekolah dan kebutuhan perangkat praktikum berbasis sel surya menurut perspektif guru fisika. *Diffraction: Journal for Physics Education and Applied Physics*. <https://jurnal.unsil.ac.id/index.php/Diffraction/article/view/12808>
- Fitriani, A. (2024). Comparison of the effect of using virtual laboratory based on PhET simulation and real laboratory in improving mastery of electronic concepts of physics education students. *Tekno-Pedagogi: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 14(2), 22–28. <https://doi.org/10.22437/teknopedagogi.v14i2.37487>
- Hidayat, R., & Pramesti, N. (2019). Pengaruh penggunaan simulasi interaktif terhadap peningkatan pemahaman konsep energi pada siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Nusantara*, 7(2), 101–110.
- Khaldun, I., Magister, N. D., & Nur, S. (2018). Improving students' performance by using science process skills in the high school physics curriculum grade X in Indonesia. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 4(1). <https://doi.org/10.21009/1.05105>
- Ngadinem, N. (2017). Penggunaan media simulasi PhET untuk meningkatkan keterampilan proses sains. *Jurnal Ilmiah WUNY*, 1(1). <https://doi.org/10.21831/jwuny.v1i1.26850>
- Purwana, I. G. P. E. S. (2025). Efektivitas pembelajaran fisika berorientasi guided inquiry berbantuan simulasi PhET terhadap pengembangan keterampilan proses sains siswa. *Konstruktivisme: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 17(2). <https://ejournal.unisbablitar.ac.id/index.php/konstruktivisme/article/view/4646>
- Purwanto, A. (2021). Statistik deskriptif dalam penelitian pendidikan. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 9(2), 112–120.
- Safitri, Y., & Susiyawati, E. (2024). Penggunaan aplikasi PhET untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa SMP pada materi tekanan zat cair. *Eksakta: Jurnal Penelitian dan Pembelajaran MIPA*, 9(2), 248–256.

<https://doi.org/10.31604/eksakta.v9i2.248-256>

- Sari, D., & Yuliana, R. (2020). Analisis statistik deskriptif pada hasil belajar sains siswa. *Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 6(1), 45–52.
- Sari, M., & Lestari, D. (2020). Peran praktikum dalam mengembangkan keterampilan proses sains siswa pada materi energi mekanik. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Sains*, 5(1), 45–54.
- Setiadi, D., Kartowagiran, B., & Winarso, D. (2023). Eksplorasi pemberdayaan courseware simulasi PhET untuk membangun keterampilan proses sains siswa SMA. *Jurnal Pengajaran Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 18(1), 80–92. <https://doi.org/10.17509/jpmipa.v18i1.36106>
- Siroj, R. A., Afgani, W., Fatimah, F., Septaria, D., & Salsabila, G. Z. (2024). Metode penelitian kuantitatif: Pendekatan ilmiah untuk analisis data. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran*, 7(3), 11279–11289. <https://doi.org/10.31004/jrpp.v7i3.32467>
- Siti Fatimah, & Suryandari, K. C. (2023). Pembelajaran fisika melalui virtual laboratory berbasis PhET simulation untuk meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa pada materi listrik. *Kappa Journal*, 6(1). <https://doi.org/10.29408/kpj.v6i1.5542>
- Susilawati, A., Yusrizal, Y., Halim, A., Syukri, M., Khaldun, I., & Susanna, S. (2022). The effect of using Physics Education Technology (PhET) simulation media to enhance students' motivation and problem-solving skills in learning physics. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(3), 1166–1170. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i3.1571>
- Umroh, D., & Fauziah, A. N. M. (2023). Keefektifan lembar kerja siswa IPA SMP berbasis keterampilan proses pada materi pengukuran melalui pretest dan posttest. *Pendidikan Sains e-Journal*, 6(2). <https://doi.org/10.26740/pensa.v6i02.24264>
- Wardani, A. T. D., & Rosdiana, L. (2022). Efektivitas simulasi PhET dengan model inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa SMP pada materi listrik dinamis. *PENSA E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 10(2), 221–226. <https://doi.org/10.26740/pensa.v10i2.44884>
- Yennita, Y., Yasuna, N., & Zulirfan, Z. (2023). Practicality of using alternative energy project media in high school physics learning. *Journal of Indonesian Science Teachers*. <https://jist.ejournal.unri.ac.id/index.php/JIST/article/view/1046>