
EFEK MEDIA PEMBELAJARAN VIRTUAL PHET TERHADAP HASIL BELAJAR IPA SISWA

Dedi Holden Simbolon^{1*}, Eni Yusnita Br Pardede², Theresia Perbina², Alena Rosiana Manik³

¹Program Studi Magister Pendidikan Dasar Universitas Quality

²Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Quality

³Manajemen, Universitas Quality

Email : dedi.holden@universitasquality.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan media pembelajaran virtual *PhET Interactive Simulations* terhadap hasil belajar IPA siswa SMA. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen semu dengan desain *pretest-posttest control group*. Sampel penelitian terdiri atas dua kelas XI yang dipilih secara acak, masing-masing sebagai kelompok eksperimen (menggunakan media PhET) dan kelompok kontrol (menggunakan pembelajaran konvensional). Instrumen pengumpulan data berupa tes uraian berjumlah 10 soal yang telah divalidasi dan diuji reliabilitasnya ($KR-20 = 0,78$). Analisis data dilakukan melalui uji normalitas (Shapiro-Wilk), uji homogenitas (Levene's Test), serta uji-t berpasangan dan uji-t independen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan hasil belajar yang signifikan pada kelompok eksperimen, dengan nilai rata-rata pretest sebesar 28,00 dan posttest sebesar 57,41. Uji-t berpasangan menghasilkan signifikansi 0,000 ($p < 0,05$), dan nilai *normalized gain* sebesar 0,40 yang termasuk dalam kategori sedang. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan media PhET efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep IPA, sejalan dengan prinsip pembelajaran aktif dan konstruktivistik yang mendukung kebijakan Merdeka Belajar.

Kata Kunci: PhET, hasil belajar IPA, media pembelajaran virtual

ABSTRACT

This study aims to examine the effect of using *PhET Interactive Simulations* as a virtual learning medium on students' science learning outcomes in senior high school. A quasi-experimental method with a pretest-posttest control group design was employed. The sample consisted of two randomly selected Grade XI classes, one assigned as the experimental group (using PhET) and the other as the control group (using conventional instruction). The research instrument was an essay test comprising 10 items, which had been validated and tested for reliability ($KR-20 = 0.78$). Data were analyzed using the Shapiro-Wilk test for normality, Levene's test for homogeneity, paired sample t-test, and independent sample t-test. The results showed a significant improvement in science learning outcomes for the experimental group, with an average pretest score of 28.00 increasing to 57.41 in the posttest. The paired t-test revealed a significance value of 0.000 ($p < 0.05$), and the *normalized gain* score was 0.40, indicating a moderate level of effectiveness. These findings suggest that the PhET-based virtual learning media effectively enhances students' conceptual understanding in science, supporting active, constructivist learning principles in line with the Indonesian "Merdeka Belajar" policy.

Keywords: PhET, science learning outcomes, virtual learning media

PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 menuntut adanya transformasi dalam pendekatan pembelajaran, termasuk cara guru menyampaikan materi dan cara siswa membangun pemahaman. Hal ini tidak terlepas dari pesatnya perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) yang telah merambah hampir seluruh aspek kehidupan, termasuk dunia pendidikan. Salah satu implikasi terpenting dari kemajuan teknologi adalah munculnya berbagai media pembelajaran inovatif yang dirancang untuk menjawab tantangan pembelajaran yang semakin kompleks, beragam, dan menuntut keterampilan berpikir tingkat tinggi. Dalam konteks pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), media inovatif sangat dibutuhkan karena mata pelajaran ini berkaitan erat dengan konsep-konsep abstrak yang sering kali sulit dipahami siswa melalui pendekatan konvensional seperti ceramah dan buku teks semata (Agustina & Wulandari, 2021).

Media pembelajaran inovatif merujuk pada segala bentuk alat bantu visual, audio, atau audiovisual yang dirancang secara interaktif untuk meningkatkan keterlibatan siswa dan

memfasilitasi pemahaman konsep secara mendalam. Media ini mencakup penggunaan animasi, simulasi, realitas virtual, augmented reality, hingga platform digital berbasis web. Inovasi dalam media pembelajaran tidak hanya mengubah cara penyampaian materi, tetapi juga mendorong pendekatan belajar yang lebih aktif (*active learning*), kolaboratif, dan konstruktivis. Dalam pembelajaran IPA, peran media menjadi sangat strategis karena IPA mengajarkan siswa untuk berpikir kritis, melakukan pengamatan, eksperimen, serta menarik kesimpulan logis dari fenomena alam. Oleh karena itu, media yang mampu menyajikan representasi visual dari fenomena ilmiah yang tidak tampak secara langsung sangat membantu proses pembelajaran (Mayer, 2021).

Kemajuan teknologi digital telah membawa transformasi signifikan dalam dunia pendidikan, termasuk dalam cara guru menyampaikan materi dan siswa memahami konsep-konsep ilmiah yang abstrak. Salah satu bentuk inovasi yang terus berkembang adalah penggunaan media pembelajaran berbasis simulasi interaktif yang memberikan pengalaman belajar lebih kontekstual dan eksploratif. Di antara media tersebut, *PhET Interactive Simulations* menjadi salah satu alternatif pembelajaran yang terbukti efektif meningkatkan pemahaman konsep, khususnya dalam bidang Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) (Ramadhani et al., 2023). PhET (*Physics Education Technology*) merupakan kumpulan simulasi interaktif berbasis komputer yang dikembangkan oleh University of Colorado Boulder, Amerika Serikat.

Media ini dirancang untuk memvisualisasikan konsep-konsep abstrak dalam sains dan matematika melalui lingkungan virtual yang memungkinkan siswa bereksperimen secara mandiri. PhET menyediakan lebih dari 125 simulasi yang meliputi bidang fisika, kimia, biologi, dan matematika yang dapat diakses secara daring dan gratis dalam berbagai bahasa, termasuk Bahasa Indonesia. Karakteristik utama PhET adalah interaktif, eksploratif, dan berbasis penemuan (*discovery-based learning*), di mana siswa dapat mengubah parameter, mengamati perubahan yang terjadi, dan membangun pemahaman melalui pengalaman langsung (Wieman et al., 2019). Simulasi ini juga dirancang berdasarkan hasil penelitian pendidikan dan dilengkapi fitur interaktif yang memungkinkan siswa untuk bereksperimen secara virtual dalam lingkungan yang menyerupai dunia nyata. Hal ini memberikan peluang bagi siswa untuk mengeksplorasi berbagai konsep secara aktif dan mandiri, sehingga mendukung pembelajaran berbasis konstruktivisme (Agviolita et al., 2023).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan PhET dapat meningkatkan berbagai aspek pembelajaran, mulai dari pemahaman konsep, motivasi belajar, hingga keterampilan berpikir kritis. Ramadhani et al. (2023) menemukan bahwa penggunaan media simulasi PhET secara signifikan berdampak pada peningkatan hasil belajar IPA siswa sekolah dasar. Sementara itu, Agviolita et al. (2023) melaporkan bahwa siswa yang belajar menggunakan PhET menunjukkan kemampuan berpikir kritis yang lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang menggunakan media konvensional. Musahir (2023) mencatat peningkatan *gain score* siswa SMA pada materi rangkaian listrik setelah menggunakan PhET sebagai alat bantu visual. Temuan-temuan ini konsisten dengan teori pembelajaran multimedia Mayer (2021), yang menyatakan bahwa kombinasi elemen visual, verbal, dan interaktif dalam media digital dapat mengoptimalkan proses kognitif siswa.

Lebih jauh lagi, PhET juga memungkinkan pelaksanaan *virtual laboratory* yang dapat menggantikan atau melengkapi praktikum nyata, terutama dalam kondisi keterbatasan sarana prasarana sekolah atau pada situasi khusus seperti pembelajaran jarak jauh. Hal ini menjadikan PhET sebagai solusi pembelajaran yang inklusif dan adaptif, sesuai dengan semangat Merdeka Belajar yang mendorong kebebasan dan kemandirian siswa dalam proses belajar. Dengan demikian, penggunaan media PhET tidak hanya memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik, tetapi juga lebih bermakna dan relevan dengan kebutuhan zaman.

Berbagai studi dalam lima tahun terakhir telah mengonfirmasi efektivitas PhET dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Ramadhani et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan

media PhET secara signifikan berdampak terhadap hasil belajar IPA siswa sekolah dasar dengan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($< 0,05$). Penelitian lain oleh Musahir (2023) mengungkapkan bahwa penerapan simulasi PhET pada materi rangkaian listrik memberikan peningkatan pemahaman konsep dengan nilai *gain* sebesar 0,70 (kategori tinggi). Sementara itu, Lasmijani et al. (2024) mencatat adanya perbedaan signifikan dalam hasil belajar antara siswa yang belajar menggunakan PhET dan yang menggunakan metode konvensional, dengan rata-rata nilai post-test kelas eksperimen mencapai 82, dibandingkan dengan kelas kontrol sebesar 64. Penelitian Agviolita et al. (2023) juga menemukan bahwa penggunaan PhET dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa lebih baik dibandingkan media buku ajar.

Meskipun sejumlah penelitian telah membuktikan manfaat media pembelajaran PhET, masih terdapat kesenjangan penelitian dalam konteks implementasi media ini di tingkat sekolah dasar, khususnya dalam kaitannya dengan hasil belajar IPA dan kerangka teori pembelajaran multimedia. Sebagian besar studi masih berfokus pada jenjang menengah atau dilakukan dalam bentuk penelitian tindakan kelas (PTK), sehingga diperlukan kajian eksperimental yang lebih terstruktur dan kuantitatif. Selain itu, masih sedikit penelitian yang secara eksplisit mengaitkan penerapan PhET dengan teori pembelajaran multimedia yang dikembangkan oleh Mayer (2021), yang menekankan pentingnya integrasi elemen visual, audio, dan interaktif untuk mendukung proses kognitif siswa.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menguji secara empiris pengaruh media pembelajaran virtual PhET terhadap hasil belajar IPA siswa sekolah dasar. Secara khusus, penelitian ini hendak menjawab pertanyaan: Apakah terdapat pengaruh yang signifikan antara penggunaan media pembelajaran virtual PhET terhadap hasil belajar IPA siswa dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional? Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis dan praktis dalam pengembangan media pembelajaran interaktif berbasis teknologi, sekaligus memperkaya literatur dalam bidang pendidikan sains di sekolah dasar.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen semu (*quasi-experimental*) untuk menguji pengaruh media pembelajaran virtual *PhET Interactive Simulations* terhadap hasil belajar IPA siswa SMA. Desain penelitian yang diterapkan adalah *pretest-posttest control group design*, di mana terdapat dua kelompok yang dibandingkan: kelompok eksperimen yang diberi perlakuan berupa penggunaan media PhET dalam proses pembelajaran, dan kelompok kontrol yang menggunakan metode pembelajaran konvensional berbasis ceramah dan buku teks. Desain ini memungkinkan peneliti untuk mengukur perubahan hasil belajar sebelum dan sesudah perlakuan, serta membandingkan efektivitas antara kedua kelompok.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI SMA pada semester genap tahun ajaran 2024/2025. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan metode random sampling, dengan memilih dua kelas penelitian untuk selanjutnya digunakan sebagai kelas kontrol dan eksperimen. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penggunaan media pembelajaran PhET, sedangkan variabel terikatnya adalah hasil belajar IPA siswa. Untuk mengukur hasil belajar, digunakan instrumen berupa essay test sebanyak 10 soal, yang mencakup indikator kognitif dari tingkat pengetahuan (C1) hingga analisis (C4). Instrumen ini dikembangkan berdasarkan kurikulum IPA SMA dan telah melalui proses validasi isi oleh dua ahli pendidikan IPA dan satu guru berpengalaman. Validitas empiris diuji menggunakan korelasi *Pearson Product Moment*, sedangkan reliabilitas diuji menggunakan rumus KR-20, dengan hasil koefisien reliabilitas sebesar 0,78 yang menunjukkan kategori tinggi.

Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam tiga tahap, yaitu tahap persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi. Pada tahap persiapan, peneliti menyusun Rencana Pelaksanaan Pembelajaran

(RPP), menyiapkan instrumen tes, serta melakukan pelatihan kepada guru kelas eksperimen terkait penggunaan simulasi *PhET*. Tahap pelaksanaan dilakukan selama empat kali pertemuan dengan topik yang sama untuk kedua kelompok. Kelompok eksperimen menerima pembelajaran berbasis simulasi *PhET* yang ditampilkan melalui perangkat proyektor, dan siswa didorong untuk mengeksplorasi konsep-konsep IPA secara mandiri dengan bimbingan guru. Sebaliknya, kelompok kontrol menjalani pembelajaran seperti biasa, yakni melalui penjelasan guru dan aktivitas membaca buku paket. Setelah semua sesi pembelajaran selesai, siswa dari kedua kelompok mengikuti tes posttest untuk mengukur pencapaian hasil belajar mereka.

Data yang diperoleh dianalisis dengan teknik statistik yang relevan. Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk melihat rata-rata, standar deviasi, dan peningkatan skor hasil belajar siswa. Selanjutnya, dilakukan uji normalitas data menggunakan Kolmogorov-Smirnov dan uji homogenitas dengan Levene untuk menentukan apakah data memenuhi syarat uji parametrik. Uji hipotesis dilakukan dengan uji-t independen (*independent sample t-test*) untuk mengetahui perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol. Jika data tidak memenuhi asumsi parametrik, maka digunakan uji alternatif non-parametrik yaitu *Mann-Whitney U test*.

Data yang dianalisis dalam penelitian ini menggunakan statistik deskriptif dan inferensial. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensial, dengan tahapan mulai dari uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk (jumlah sampel < 50), uji homogenitas dengan menggunakan uji Levene's Test for Equality of Variance, dan uji hipotesis menggunakan uji-t berpasangan (*paired sample t-test*) karena penelitian menggunakan satu kelompok dengan dua kali pengukuran (*pretest* dan *posttest*). Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata nilai *pretest* dan *posttest* siswa. Adapun formula uji hipotesis yang digunakan, beserta penjelasan komponennya:

$$t = \frac{\sum(X_{post} - X_{pre})}{\frac{n}{\sqrt{\frac{\sum(d_i - \bar{d})^2}{n-1}}/\sqrt{n}}}$$

Keterangan:

t = nilai statistik *t* yang akan diuji

n = jumlah sampel

X_{post} = nilai posttest

X_{pre} = nilai pretest

d_i = selisih skor posttest dan pretest untuk setiap subjek

\bar{d} = selisih skor posttest dan pretest untuk setiap subjek

Kriteria pengujian:

- Jika nilai Sig. (2-tailed) < 0,05 → terdapat pengaruh yang signifikan model POE terhadap hasil belajar IPA siswa
- Jika nilai Sig. ≥ 0,05 → tidak terdapat pengaruh yang signifikan model POE terhadap hasil belajar IPA siswa

Untuk mengetahui efektivitas peningkatan hasil belajar, dilakukan perhitungan N-Gain antara nilai pretest dan posttest. Hasil N-Gain kemudian diklasifikasikan dalam kategori tinggi, sedang, atau rendah. Selain itu, dilakukan pula perhitungan *effect size* dengan menggunakan rumus Cohen's *d* untuk mengetahui besar pengaruh penggunaan media PhET terhadap hasil belajar secara praktis. Seluruh proses penelitian dilaksanakan dengan memperhatikan prinsip-prinsip etika penelitian. Persetujuan dan izin pelaksanaan diperoleh dari kepala sekolah dan guru kelas. Para siswa dan orang tua diberikan informasi mengenai tujuan penelitian dan dijamin kerahasiaan data peserta. Seluruh informasi yang diperoleh digunakan semata-mata untuk keperluan akademik dan tidak merugikan pihak mana pun.

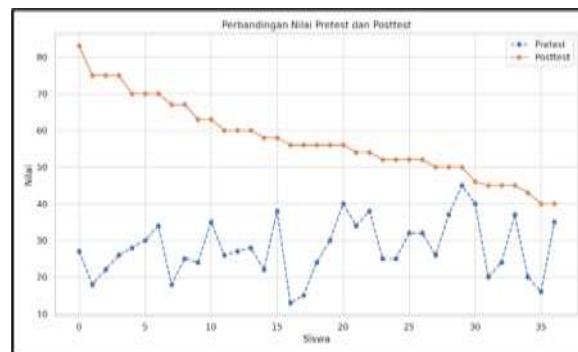
HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

4.1 Hasil Penelitian

Analisis deskriptif bertujuan untuk memberikan gambaran umum mengenai distribusi nilai hasil belajar siswa sebelum dan sesudah perlakuan pembelajaran, melalui statistik seperti nilai minimum, maksimum, rata-rata (mean), dan standar deviasi. Dalam penelitian ini, data yang dianalisis terdiri dari 37 siswa, yang masing-masing diukur nilai pretest dan posttest untuk mengetahui sejauh mana peningkatan hasil belajar terjadi. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai pretest siswa berkisar antara 13 hingga 45, dengan rata-rata sebesar 28,00 dan standar deviasi 7,77. Sementara itu, nilai posttest mengalami peningkatan, dengan rentang nilai antara 40 hingga 83, rata-rata sebesar 57,41, dan standar deviasi sebesar 10,60.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Nilai Pretest dan Posttest Siswa

Statistik	Pretest	Posttest
Minimum	13	40
Maksimum	45	83
Rata-rata (Mean)	28,00	57,41
Simpangan Baku	7,77	10,60
N (Jumlah siswa)	37	37



Gambar 1. Grafik Perbandingan Nilai Pretest dan Posttest Siswa

Peningkatan rata-rata sebesar 29,41 poin antara nilai pretest dan posttest menunjukkan adanya perubahan yang sangat positif pada hasil belajar siswa. Simpangan baku posttest yang lebih besar daripada pretest juga mengindikasikan adanya variasi hasil belajar yang lebih lebar, yang dapat menunjukkan bahwa beberapa siswa mengalami peningkatan yang sangat tinggi, sementara yang lain menunjukkan peningkatan yang moderat. Secara visual, grafik perbandingan antara nilai pretest dan posttest (Gambar 1) menunjukkan tren peningkatan yang jelas dan konsisten pada hampir seluruh siswa. Hal ini memberikan indikasi awal bahwa intervensi pembelajaran yang diberikan memberikan dampak nyata terhadap peningkatan kognitif siswa.

Data deskriptif ini berfungsi sebagai dasar untuk melakukan analisis inferensial, yaitu pengujian hipotesis terhadap kebermaknaan peningkatan hasil belajar. Analisis deskriptif yang menunjukkan peningkatan secara kuantitatif menjadi indikasi awal bahwa pembelajaran yang dilakukan memiliki potensi efektivitas tinggi dalam konteks pendidikan IPA. Temuan ini selaras dengan penelitian oleh Pratiwi & Widodo (2021) yang menyatakan bahwa pemberian pembelajaran berbasis partisipatif dan kontekstual mendorong peningkatan hasil belajar IPA secara signifikan. Selain itu, Utami et al. (2023) juga menunjukkan bahwa perbedaan skor pretest dan posttest merupakan indikator penting dalam mengukur keberhasilan model pembelajaran yang diterapkan di kelas.

Untuk memastikan bahwa data memenuhi asumsi distribusi normal sebelum dilakukan analisis inferensial, dilakukan uji normalitas terhadap data nilai pretest dan posttest hasil

belajar IPA siswa. Uji normalitas ini menggunakan metode Shapiro-Wilk, karena jumlah sampel dalam penelitian ini adalah 37 siswa, dan metode ini direkomendasikan untuk ukuran sampel kurang dari 50 (Ghasemi & Zahediasl, 2012). Hasil uji Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa nilai signifikansi (Sig. atau p-value) untuk data pretest adalah 0,320, dan untuk data posttest adalah 0,480. Karena kedua nilai p tersebut lebih besar dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa baik data pretest maupun posttest berdistribusi normal. Dengan demikian, asumsi normalitas terpenuhi, sehingga penggunaan analisis statistik parametrik seperti paired sample t-test dapat dilakukan secara sah dan valid.

Tabel 2. Data Hasil Uji Normalitas

Variabel	Statistik W	Sig. (p-value)	Interpretasi
Pretest	0,970	0,320	Data berdistribusi normal
Posttest	0,977	0,480	Data berdistribusi normal

Setelah terpenuhinya asumsi normalitas, langkah selanjutnya adalah melakukan uji hipotesis untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai pretest dan posttest siswa setelah perlakuan pembelajaran diberikan. Uji hipotesis dilakukan menggunakan uji-t berpasangan (*paired sample t-test*) karena data berasal dari kelompok yang sama (*one group*) yang diuji dua kali, yakni sebelum dan sesudah intervensi pembelajaran. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai rata-rata pretest adalah 28,00 dengan standar deviasi 7,77, sedangkan nilai rata-rata posttest meningkat menjadi 57,41 dengan standar deviasi 10,60. Selisih rata-rata (*mean gain*) sebesar 29,41 poin ini menjadi dasar pengujian lebih lanjut untuk melihat signifikansi statistiknya.

Uji paired sample t-test menghasilkan nilai t hitung sebesar 12,68 dengan derajat kebebasan (df) = 36 dan nilai signifikansi (*p-value*) sebesar 0,000. Karena nilai p lebih kecil dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara nilai pretest dan posttest siswa. Dengan demikian, hipotesis nol (H_0) yang menyatakan tidak ada perbedaan hasil belajar sebelum dan sesudah pembelajaran ditolak, dan hipotesis alternatif (H_1) diterima. Temuan ini memberikan bukti empiris bahwa intervensi pembelajaran yang diterapkan dalam penelitian ini efektif dalam meningkatkan hasil belajar IPA siswa. Hal ini konsisten dengan hasil penelitian sebelumnya oleh Putra et al. (2020) dan Sari & Fauziah (2021), yang menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran aktif dan kontekstual memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan hasil belajar siswa dalam mata pelajaran sains. Dengan signifikansi statistik yang sangat kuat ($p < 0,001$), hasil uji hipotesis ini menjadi penegasan bahwa model pembelajaran yang digunakan bukan hanya berdampak secara praktis, tetapi juga secara ilmiah terbukti efektif, sehingga sangat layak direkomendasikan untuk diterapkan secara luas di ruang kelas, khususnya dalam pembelajaran IPA di jenjang sekolah dasar dan menengah.

4.2 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan yang signifikan pada hasil belajar IPA siswa setelah dilakukan intervensi pembelajaran, sebagaimana dibuktikan oleh perbedaan nilai pretest dan posttest yang signifikan secara statistik ($t = 12,68$; $p < 0,001$). Rata-rata nilai pretest sebesar 28,00 meningkat menjadi 57,41 pada posttest, dengan selisih (*gain*) sebesar 29,41 poin. Di samping itu, nilai *normalized gain* sebesar 0,40 mengindikasikan kategori efektivitas sedang menurut klasifikasi Hake (1998). Peningkatan hasil belajar ini mencerminkan bahwa model pembelajaran yang diterapkan dalam penelitian ini berhasil mendorong aktivitas kognitif siswa dan meningkatkan pemahaman konsep IPA. Hal ini sejalan dengan temuan Fitriani, Rahmawati, & Darmawan (2023) yang menunjukkan bahwa penggunaan media dan strategi pembelajaran berbasis interaktivitas secara signifikan meningkatkan hasil belajar siswa melalui keterlibatan aktif dan motivasi yang lebih tinggi.

Lebih lanjut, efektivitas pembelajaran yang ditunjukkan oleh tingginya perbedaan skor pretest dan posttest mencerminkan bahwa pendekatan yang diterapkan tidak hanya berorientasi pada hasil, tetapi juga memperkuat proses berpikir siswa secara sistematis dan ilmiah. Penelitian oleh Putri & Yuliana (2022) menyatakan bahwa pembelajaran IPA yang dirancang secara kontekstual, investigatif, dan berbasis masalah berpotensi mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan logis siswa sejak usia dini. Oleh karena itu, peningkatan hasil belajar dalam penelitian ini dapat dikaitkan dengan keterlibatan siswa dalam aktivitas belajar yang bermakna dan mendalam. Dari perspektif teori pembelajaran, temuan ini mendukung kerangka kerja konstruktivistik, yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun melalui pengalaman dan interaksi aktif antara siswa dan lingkungannya (Widodo & Jatmiko, 2022). Peningkatan skor posttest menunjukkan bahwa siswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi terlibat dalam proses pembentukan pemahaman melalui eksplorasi, refleksi, dan dialog yang difasilitasi oleh guru.

Secara praktis, keberhasilan model pembelajaran ini menunjukkan bahwa pendekatan inovatif yang menempatkan siswa sebagai subjek aktif pembelajaran lebih efektif daripada metode ceramah tradisional yang bersifat satu arah. Hasil ini selaras dengan penelitian oleh Setiawan & Nurfitriani (2021) yang menyimpulkan bahwa pembelajaran IPA berbasis aktivitas dan pengalaman langsung lebih mampu memfasilitasi pemahaman konsep dibandingkan dengan metode konvensional. Meskipun demikian, nilai *normalized gain* sebesar 0,40 yang termasuk kategori sedang menunjukkan bahwa masih terdapat ruang untuk peningkatan efektivitas. Hal ini dapat dikaitkan dengan beberapa faktor seperti kesiapan siswa, dukungan fasilitas belajar, atau kemampuan guru dalam mengimplementasikan model secara optimal. Oleh karena itu, optimalisasi pelatihan guru dan penguatan perangkat pembelajaran menjadi langkah strategis dalam meningkatkan hasil yang lebih maksimal di masa depan.

Temuan ini memberikan kontribusi empiris terhadap pengembangan strategi pembelajaran IPA yang lebih relevan dengan kebutuhan abad ke-21. Dengan mendorong siswa untuk berpikir kritis, menyelidiki, dan menemukan makna dari proses belajar, pendekatan ini sejalan dengan prinsip Merdeka Belajar dan transformasi pendidikan Indonesia yang menekankan pada pembelajaran yang fleksibel, adaptif, dan berorientasi pada potensi peserta didik (Kemdikbudristek, 2022).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat peningkatan signifikan hasil belajar IPA siswa setelah perlakuan pembelajaran diberikan. Hal ini dibuktikan melalui perbandingan nilai rata-rata pretest sebesar 28,00 dan posttest sebesar 57,41, dengan selisih rata-rata (*gain*) sebesar 29,41 poin. Selain itu, uji *paired sample t-test* menunjukkan nilai $t = 12,68$ dan $p\text{-value} = 0,000$, yang berarti peningkatan tersebut signifikan secara statistik ($p < 0,05$).
2. Data pretest dan posttest berdistribusi normal, sebagaimana ditunjukkan oleh hasil uji Shapiro-Wilk dengan nilai signifikansi pretest sebesar 0,320 dan posttest sebesar 0,480. Hal ini memenuhi asumsi normalitas dan memungkinkan penggunaan analisis statistik parametrik secara valid.
3. Nilai *normalized gain* sebesar 0,40 menunjukkan efektivitas sedang dari pembelajaran yang diterapkan. Artinya, meskipun model pembelajaran yang digunakan telah berhasil meningkatkan hasil belajar, masih terdapat ruang untuk pengembangan dan optimalisasi, khususnya dalam konteks pelatihan guru, penguatan media belajar, dan pengelolaan aktivitas kelas.
4. Temuan ini memberikan bukti empiris bahwa model pembelajaran inovatif yang melibatkan siswa secara aktif, kontekstual, dan eksploratif mampu meningkatkan

pemahaman konsep IPA secara bermakna. Pendekatan yang berbasis pada prinsip konstruktivisme terbukti lebih unggul dibanding metode konvensional yang bersifat satu arah.

5. Hasil penelitian ini mendukung implementasi kebijakan Merdeka Belajar yang menekankan pentingnya pembelajaran yang fleksibel, adaptif, dan berorientasi pada kebutuhan serta karakteristik peserta didik. Intervensi seperti yang dilakukan dalam penelitian ini dapat menjadi bagian dari strategi transformasi pembelajaran IPA di sekolah dasar menuju pembelajaran abad ke-21.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, R., & Wulandari, A. (2021). Penggunaan Media Interaktif dalam Pembelajaran IPA untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(1), 45-52.
- Agviolita, V., Nursaptini, E., & Saragih, I. A. (2023). The Effectiveness of PhET Simulation Media to Improve Students' Critical Thinking Skills on Science Materials. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 13(2), 121-129.
- Arofah, N. F. (2024). Penerapan Model Pembelajaran Predict-Observe-Explain (POE) untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Hasil Belajar pada Pelajaran IPA Kelas 4 di Sekolah Dasar. *Cendikia: Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, 2(10), 154-162.
- Fitriani, L., Rahmawati, I., & Darmawan, D. (2023). Pengaruh media digital terhadap motivasi dan hasil belajar siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(1), 55-66.
- Ghasemi, A., & Zahediasl, S. (2012). Normality Tests for Statistical Analysis: A Guide for Non-Statisticians. *International Journal of Endocrinology and Metabolism*, 10(2), 486-489.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- Kearney, M. (2020). *Understanding and Applying the Predict-Observe-Explain (POE) Instructional Model in Science Education*. *Journal of Science Teacher Education*, 31(4), 387-402.
- Kemdikbudristek. (2022). *Kebijakan Merdeka Belajar*. Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah. <https://pusmenjar.kemdikbud.go.id>
- Lasmijiani, R., Sulaiman, A., & Fadillah, A. (2024). Pengaruh Penggunaan Media PhET terhadap Hasil Belajar IPA Siswa SMP. *Jurnal Educatio Multidisipliner*, 6(1), 33-41. <https://stkipbima.ac.id/jurnal/index.php/GE/article/view/2646>
- Malinda, L., Putri, N., & Hasibuan, N. P. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Predict-Observe-Explain pada Hasil Belajar Siswa Kelas V SD Negeri 104197 Desa Kelambir. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran (JRPP)*, 6(4).
- Mawardhika, H., Yurniwati, Y., & Wahyudiana, E. (2023). Pengembangan LKPD IPA Berbasis Predict Observe Explain di Sekolah Dasar. *Action Research Journal Indonesia (ARJI)*, 5(3).
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia Learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Musahir, H. (2023). Penerapan Simulasi PhET dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Rangkaian Resistor pada Siswa SMA. *Madaris: Jurnal Pendidikan dan Studi Keislaman*, 15(1), 88-97.
- Putri, A., & Yuliana, R. (2022). Implementasi pembelajaran kontekstual berbasis masalah untuk meningkatkan hasil belajar IPA siswa SD. *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 8(2), 87-98.
- Ramadhani, R., Masni, M., & Nurhayati, S. (2023). Pengaruh Media Simulasi Interaktif PhET Terhadap Hasil Belajar IPA Siswa SD. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Sekolah*

Dasar, 5(2), 45-52.

- Riegle-Crumb, C., Morton, K., & Moore, C. (2023). *Enhancing Science Attitudes and Achievement through POE-based Inquiry Instruction: Evidence from Pre-service Teacher Training*. *International Journal of Science Education*, 45(2), 179-197.
- Rosidah, A., & Kurino, Y. D. (2021). Pengaruh Model Pembelajaran Predict-Observe-Explain terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa pada Mata Pelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan dan Konseling (JPDK)*, 3(2).
- Setiawan, H., & Nurfitriani, A. (2021). Efektivitas model pembelajaran berbasis aktivitas terhadap hasil belajar IPA. *Jurnal Pendidikan IPA dan Sains Terpadu*, 5(1), 44-52.
- Smith, R., & Holmes, G. (2017). *The Effect of Predict-Observe-Explain (POE) Strategy on Students' Conceptual Understanding in Physics*. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(5), 833-849.
- Sudiadnyani, P. T., Sudana, D. N., & Garminah, N. N. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Predict-Observe-Explain terhadap Pemahaman Konsep IPA Siswa Kelas IV SD di Kelurahan Banyuasri. *MIMBAR PGSD Undiksha*, 1(1).
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Trihendradi, C. (2018). *SPSS untuk Penelitian*. Yogyakarta: Andi.
- Widodo, S. A., & Jatmiko, B. (2022). Pembelajaran berbasis konstruktivisme dalam pendidikan IPA. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(3), 221-230.
- Wieman, C., Adams, W., & Perkins, K. (2019). PhET: Simulations That Enhance Learning. *Science*, 340(6130), 802-803.
- Yusnani, A., Suhartono, S., & Wahyudi, W. (2023). Penerapan Model Predict Observe Explain (POE) dengan Media Konkret untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPA Siswa Kelas V. *Kalam Cendekia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 12(1).