

**IMPLEMENTASI MODEL PEMBELAJARAN *PROBLEM BASED LEARNING*
BERBANTUAN PhET *INTERACTIVE SIMULATION* UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN PROSES SAINS****Alisa Salsabila¹, Hasan Subekti²**Universitas Negeri Surabaya^{1,2}e-mail: alisa.22138@mhs.unesa.ac.id

Diterima: 6/5/2026; Direvisi: 18/5/2026; Diterbitkan: 2/6/2026

ABSTRAK

Keterampilan proses sains merupakan kompetensi penting dalam pembelajaran IPA abad ke-21 karena peserta didik dituntut mampu berpikir ilmiah, memecahkan masalah, dan melakukan penyelidikan secara sistematis. Namun, kemampuan tersebut pada materi suhu dan kalor masih tergolong rendah akibat karakteristik konsep yang abstrak serta terbatasnya aktivitas eksperimen dalam pembelajaran. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas penerapan model Problem Based Learning berbantuan PhET Interactive Simulation terhadap peningkatan keterampilan proses sains peserta didik kelas VII-G SMP Negeri 3 Sidoarjo. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain one-group pre-test post-test. Subjek penelitian berjumlah 32 peserta didik yang dipilih melalui purposive sampling. Pengumpulan data dilakukan menggunakan tes keterampilan proses sains sebelum dan sesudah perlakuan pembelajaran. Analisis data dilakukan melalui statistik deskriptif, N-Gain, uji normalitas Shapiro-Wilk, dan uji Wilcoxon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran berbasis masalah yang dipadukan dengan simulasi virtual mampu meningkatkan seluruh indikator keterampilan proses sains peserta didik, terutama pada kemampuan menginterpretasi data dan menyusun kesimpulan. Selain itu, hasil analisis statistik menunjukkan adanya peningkatan kemampuan yang signifikan setelah perlakuan diberikan. Dengan demikian, integrasi Problem Based Learning dan PhET Interactive Simulation efektif mendukung pembelajaran IPA yang lebih aktif, kontekstual, dan berbasis investigasi ilmiah.

Kata Kunci: *Problem Based Learning, Keterampilan Proses Sains, Suhu dan Kalor***ABSTRACT**

Science process skills are essential competencies in 21st-century science education because students are expected to think scientifically, solve problems, and conduct systematic investigations. However, students' abilities in the topic of temperature and heat remain relatively low due to the abstract nature of the concepts and the limited implementation of experimental activities in learning. This study aimed to analyze the effectiveness of implementing the Problem Based Learning model assisted by PhET Interactive Simulation in improving the science process skills of seventh-grade students at SMP Negeri 3 Sidoarjo. The research employed a quantitative approach using a one-group pre-test post-test design. The participants consisted of 32 students selected through purposive sampling. Data were collected using science process skills tests administered before and after the learning treatment. The data were analyzed using descriptive statistics, N-Gain analysis, the Shapiro-Wilk normality test, and the Wilcoxon test. The findings indicated that the implementation of problem-based learning integrated with virtual simulations improved all indicators of students' science process skills, particularly in interpreting data and drawing conclusions. Furthermore, the statistical analysis revealed a significant improvement in students' abilities after the treatment. Therefore,



the integration of Problem Based Learning and PhET Interactive Simulation effectively supports more active, contextual, and inquiry-based science learning.

Keywords: *Problem Based Learning, Science Process Skills, Temperature and Heat*

PENDAHULUAN

Pembelajaran IPA pada abad ke-21 tidak lagi hanya diarahkan pada penguasaan materi, tetapi juga pada pengembangan kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan pemecahan masalah. Dalam implementasinya, peserta didik dituntut mampu memperoleh pengetahuan melalui proses ilmiah yang melibatkan kegiatan observasi, eksperimen, pengolahan data, hingga penarikan kesimpulan secara sistematis. Oleh sebab itu, Keterampilan Proses Sains (KPS) menjadi salah satu kompetensi mendasar yang perlu dikembangkan karena berhubungan langsung dengan kemampuan peserta didik memahami fenomena ilmiah berdasarkan data empiris dan penalaran logis. Ramadhan et al. (2023) menjelaskan bahwa penguasaan KPS membantu peserta didik memahami konsep IPA secara lebih aplikatif dan bermakna. Sejalan dengan hal tersebut, Solpa et al. (2022) menegaskan bahwa keterampilan proses sains merupakan bagian penting dalam pembelajaran abad ke-21 karena mendukung kemampuan berpikir ilmiah dan pengambilan keputusan berbasis data. Selain itu, Ilhami et al. (2023) menyatakan bahwa pengembangan KPS mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam aktivitas investigasi dan eksplorasi ilmiah selama pembelajaran berlangsung.

Pentingnya pengembangan keterampilan ilmiah semakin diperkuat oleh masih rendahnya capaian literasi sains peserta didik Indonesia pada berbagai asesmen internasional. Hasil Programme for International Student Assessment menunjukkan bahwa kemampuan peserta didik Indonesia dalam menganalisis fenomena ilmiah, menginterpretasikan data, serta menghubungkan konsep sains dengan permasalahan kontekstual masih berada di bawah rata-rata internasional. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa pembelajaran IPA di sekolah belum sepenuhnya memberikan pengalaman investigatif yang optimal. Oleh karena itu, diperlukan strategi pembelajaran yang mampu melibatkan peserta didik secara aktif dalam kegiatan ilmiah. Fauziah (2022) melalui penelitian systematic literature review menjelaskan bahwa pembelajaran berbasis keterampilan proses sains dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis ketika peserta didik diberi kesempatan melakukan eksplorasi dan penyelidikan secara aktif. Pendapat tersebut diperkuat oleh Idris et al. (2022) yang menyatakan bahwa penguasaan KPS memerlukan pembelajaran yang memberikan ruang bagi peserta didik untuk melakukan eksperimen, pengamatan, interpretasi data, dan penyusunan kesimpulan secara terarah dan berkelanjutan.

Meskipun keterampilan proses sains telah menjadi perhatian penting dalam pembelajaran IPA, implementasinya di sekolah masih menghadapi berbagai hambatan. Kegiatan pembelajaran umumnya masih didominasi metode konvensional yang berpusat pada guru sehingga keterlibatan peserta didik selama proses belajar cenderung rendah. Akibatnya, peserta didik kurang memperoleh pengalaman langsung melalui aktivitas eksperimen maupun pemecahan masalah berbasis fenomena nyata. Hidayati et al. (2021) mengungkapkan bahwa rendahnya partisipasi peserta didik dalam pembelajaran berdampak pada kurang berkembangnya kemampuan investigatif dan analitis. Selain itu, Saputra (2025) menunjukkan bahwa keterampilan proses sains berkembang lebih optimal ketika pembelajaran didukung media interaktif dan aktivitas eksploratif berbasis penyelidikan. Temuan tersebut menunjukkan perlunya pendekatan pembelajaran yang mampu menciptakan pengalaman belajar lebih aktif, kontekstual, dan bermakna bagi peserta didik.



Salah satu model pembelajaran yang dinilai sesuai untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah Problem Based Learning (PBL). Model ini menggunakan masalah kontekstual sebagai titik awal pembelajaran sehingga peserta didik terdorong melakukan investigasi ilmiah untuk menemukan solusi secara mandiri maupun kolaboratif. Melalui penerapan PBL, peserta didik dapat mengembangkan kemampuan mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis, menganalisis data, hingga menarik kesimpulan berdasarkan hasil penyelidikan yang dilakukan. Ramadhan et al. (2023) menyatakan bahwa penerapan PBL mampu meningkatkan kemampuan ilmiah peserta didik melalui pembelajaran yang lebih aktif dan berpusat pada peserta didik. Rizaldi et al. (2022) juga menjelaskan bahwa pembelajaran berbasis PBL efektif meningkatkan keterampilan proses sains karena peserta didik terlibat langsung dalam kegiatan investigasi dan pemecahan masalah ilmiah. Selain itu, Hartati et al. (2022) serta Kasuga et al. (2022) menegaskan bahwa pendekatan PBL dapat melatih kemampuan berpikir kritis, observasi, dan penyusunan solusi berdasarkan analisis terhadap masalah yang ditemukan selama pembelajaran.

Selain penerapan model pembelajaran inovatif, pemanfaatan teknologi digital juga menjadi unsur penting dalam menciptakan pembelajaran IPA yang interaktif dan kontekstual. Salah satu media yang banyak digunakan dalam pembelajaran sains ialah PhET Interactive Simulation, yaitu simulasi virtual yang memungkinkan peserta didik melakukan eksperimen digital melalui visualisasi konsep secara dinamis dan interaktif. Kehadiran simulasi virtual membantu peserta didik memahami konsep abstrak karena hubungan antarvariabel dapat diamati secara lebih konkret. Wardani dan Rosdiana (2022) menjelaskan bahwa penggunaan simulasi PhET dalam pembelajaran IPA mampu meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik melalui aktivitas eksperimen yang lebih aktif dan menarik. Laurence (2022) juga menyatakan bahwa integrasi PhET dalam pembelajaran sinkron maupun asinkron memberikan pengaruh positif terhadap kemampuan observasi, interpretasi data, dan pemecahan masalah peserta didik. Temuan tersebut diperkuat oleh Nurfahzuni dan Budiyanto (2023) yang menunjukkan bahwa simulasi interaktif PhET mampu meningkatkan aktivitas investigasi dan eksplorasi ilmiah peserta didik secara lebih optimal.

Pemanfaatan laboratorium virtual dalam pembelajaran IPA dinilai semakin relevan seiring perkembangan teknologi pendidikan modern karena mampu mengatasi keterbatasan fasilitas praktikum di sekolah. Melalui simulasi virtual, peserta didik dapat melakukan eksplorasi konsep dan manipulasi variabel secara lebih fleksibel tanpa terkendala biaya, waktu, maupun risiko keselamatan laboratorium. Chen et al. (2024) menjelaskan bahwa pendekatan virtual laboratory learning yang dipadukan dengan aktivitas pemetaan konsep efektif meningkatkan keterampilan proses sains sekaligus membentuk pola belajar ilmiah peserta didik secara lebih sistematis. Purwati et al. (2025) juga menunjukkan bahwa laboratorium virtual IPA efektif meningkatkan keterampilan proses sains pada materi suhu dan kalor karena memberikan pengalaman eksperimen yang lebih interaktif dan fleksibel. Temuan tersebut diperkuat oleh Sinaga dan Hardinata (2025) yang menunjukkan bahwa integrasi pembelajaran berbasis masalah dengan simulasi PhET berhubungan positif terhadap peningkatan hasil belajar dan kemampuan proses sains peserta didik. Dengan demikian, penggunaan laboratorium virtual tidak hanya membantu pemahaman konsep, tetapi juga memperkuat pengalaman investigatif dalam pembelajaran IPA.

Integrasi antara Problem Based Learning dan PhET Interactive Simulation berpotensi menciptakan pembelajaran IPA yang lebih aktif, kontekstual, dan berbasis penyelidikan ilmiah. PBL menyediakan kerangka pembelajaran yang menuntun peserta didik menyelesaikan masalah secara sistematis, sedangkan PhET berperan sebagai media simulasi yang mendukung

eksperimen virtual secara interaktif. Penelitian Al-Ishmah et al. (2025) menunjukkan bahwa penerapan PBL berbantuan PhET efektif meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik. Akan tetapi, sebagian besar penelitian sebelumnya masih lebih berfokus pada peningkatan hasil belajar dan kemampuan berpikir kritis, sedangkan penelitian yang secara khusus menganalisis pengaruh PBL berbantuan PhET terhadap indikator keterampilan proses sains pada materi suhu dan kalor di tingkat SMP masih terbatas. Selain itu, penelitian terdahulu umumnya belum mengintegrasikan pengukuran indikator KPS secara sistematis pada setiap tahapan pembelajaran berbasis masalah sehingga perkembangan kemampuan ilmiah peserta didik belum tergambarkan secara komprehensif. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang tidak hanya menguji efektivitas model dan media pembelajaran, tetapi juga menganalisis perkembangan setiap indikator keterampilan proses sains secara lebih mendalam.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini memiliki kebaruan pada penerapan model Problem Based Learning berbantuan PhET Interactive Simulation yang difokuskan pada peningkatan keterampilan proses sains peserta didik SMP pada materi suhu dan kalor melalui analisis indikator KPS secara komprehensif. Penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya karena mengintegrasikan pengukuran kemampuan merumuskan masalah, menyusun hipotesis, mengidentifikasi variabel, menginterpretasi data, dan membuat kesimpulan ke dalam seluruh tahapan pembelajaran berbasis masalah berbantuan simulasi virtual. Selain itu, penelitian ini menempatkan analisis indikator keterampilan proses sains sebagai fokus utama evaluasi pembelajaran, bukan hanya pada hasil belajar kognitif atau kemampuan berpikir kritis secara umum. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan mendeskripsikan implementasi model Problem Based Learning berbantuan PhET Interactive Simulation serta menganalisis efektivitasnya dalam meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik pada materi suhu dan kalor.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *one-group pre-test post-test* untuk menganalisis perubahan keterampilan proses sains peserta didik setelah penerapan model Problem Based Learning berbantuan PhET *Interactive Simulation*. Penelitian dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026 di SMP Negeri 3 Sidoarjo dengan subjek sebanyak 32 peserta didik kelas VII-G. Pemilihan sampel dilakukan melalui teknik *purposive sampling* dengan mempertimbangkan keberagaman kemampuan akademik peserta didik serta pengalaman penggunaan media pembelajaran digital dalam pembelajaran IPA. Desain penelitian ini memungkinkan peneliti membandingkan kemampuan peserta didik sebelum dan sesudah perlakuan sehingga efektivitas pembelajaran dapat dianalisis secara lebih terukur.

Tahapan penelitian terdiri atas pemberian *pre-test*, pelaksanaan pembelajaran, dan *post-test*. Pada tahap awal, peserta didik diberikan tes awal untuk mengetahui kemampuan keterampilan proses sains sebelum perlakuan diberikan. Selanjutnya, pembelajaran dilaksanakan menggunakan model Problem Based Learning berbantuan PhET *Interactive Simulation* pada materi suhu dan kalor melalui kegiatan orientasi masalah, investigasi, pengumpulan data, analisis hasil pengamatan, dan penarikan kesimpulan. Selama proses pembelajaran, peserta didik melakukan eksperimen virtual menggunakan simulasi PhET sehingga mereka dapat mengamati hubungan antarvariabel secara lebih interaktif dan kontekstual. Setelah seluruh kegiatan pembelajaran selesai, peserta didik diberikan *post-test* untuk mengidentifikasi perubahan kemampuan proses sains setelah mengikuti pembelajaran berbasis masalah dan simulasi virtual.

Instrumen penelitian berupa tes keterampilan proses sains berbentuk 10 soal pilihan ganda yang mencakup indikator merumuskan masalah, menyusun hipotesis, mengidentifikasi variabel, menginterpretasi data, dan membuat kesimpulan. Instrumen terlebih dahulu divalidasi oleh dosen ahli dan guru IPA untuk memastikan kesesuaian isi, konstruk, dan keterbacaan soal sebelum digunakan dalam penelitian. Data penelitian diperoleh dari hasil *pre-test* dan *post-test* yang kemudian dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensial. Analisis peningkatan kemampuan peserta didik dilakukan menggunakan skor N-Gain, sedangkan pengujian hipotesis diawali dengan uji normalitas Shapiro-Wilk menggunakan SPSS versi 21.0. Data yang tidak memenuhi asumsi normalitas dianalisis menggunakan uji Wilcoxon untuk mengetahui signifikansi perbedaan kemampuan peserta didik sebelum dan sesudah perlakuan pembelajaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2025 di kelas VII-G SMP Negeri 3 Sidoarjo dengan tujuan menganalisis peningkatan keterampilan proses sains peserta didik setelah penerapan model Problem Based Learning berbantuan PhET Interactive Simulation pada materi suhu dan kalor. Tahap penelitian diawali dengan pemberian pre-test untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik sebelum perlakuan pembelajaran diberikan. Selanjutnya, kegiatan pembelajaran dilaksanakan melalui pendekatan berbasis masalah yang dipadukan dengan penggunaan simulasi virtual pada setiap tahap investigasi ilmiah. Setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai, peserta didik diberikan post-test untuk mengidentifikasi perubahan kemampuan keterampilan proses sains setelah mengikuti pembelajaran.

Pada tahap implementasi, peserta didik melakukan eksperimen virtual menggunakan PhET Interactive Simulation melalui simulasi Energy Forms and Changes. Simulasi tersebut dimanfaatkan untuk membantu peserta didik memahami konsep suhu dan kalor melalui visualisasi perubahan energi yang dapat diamati secara langsung. Selain itu, peserta didik dapat mengeksplorasi hubungan antarvariabel secara lebih fleksibel melalui manipulasi variabel pada simulasi sehingga proses investigasi menjadi lebih interaktif. Penggunaan media virtual juga membantu peserta didik menghubungkan konsep abstrak dengan fenomena ilmiah yang dipelajari selama pembelajaran berlangsung. Tampilan simulasi yang digunakan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan PhET Interactive Simulation Energy Forms and Changes pada Materi Suhu dan Kalor

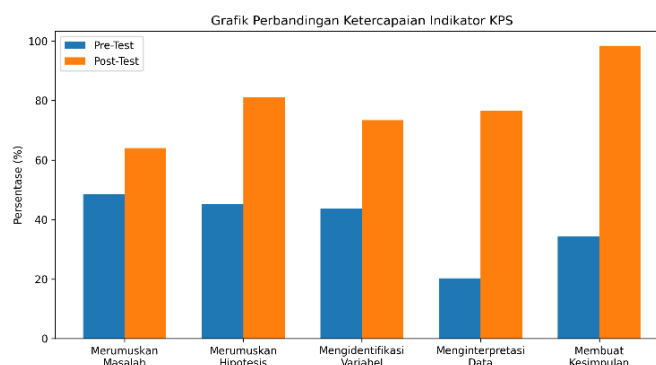
Berdasarkan Gambar 1, penggunaan simulasi virtual memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual karena peserta didik dapat mengamati perubahan energi melalui tampilan visual yang interaktif. Media tersebut mendukung aktivitas observasi dan eksperimen

sehingga peserta didik lebih aktif dalam proses penyelidikan ilmiah. Selain membantu pemahaman konsep, simulasi PhET juga memfasilitasi peserta didik dalam menginterpretasikan data serta menyusun kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan selama pembelajaran. Hasil pengukuran keterampilan proses sains diperoleh melalui analisis skor pre-test dan post-test pada lima indikator yang meliputi merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, mengidentifikasi variabel, menginterpretasi data, dan membuat kesimpulan. Rekapitulasi persentase ketercapaian setiap indikator sebelum dan sesudah perlakuan pembelajaran disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Persentase Ketercapaian Indikator Keterampilan Proses Sains

No	Indikator KPS	Pre-Test (%)	Post-Test (%)
1	Merumuskan masalah	48,43	64,06
2	Merumuskan hipotesis	45,31	81,25
3	Mengidentifikasi variabel	43,75	73,43
4	Menginterpretasi data	20,31	76,56
5	Membuat kesimpulan	34,37	98,43

Berdasarkan Tabel 1, seluruh indikator keterampilan proses sains mengalami peningkatan setelah diterapkan model Problem Based Learning berbantuan PhET Interactive Simulation. Pada hasil pre-test, indikator menginterpretasi data menunjukkan capaian terendah dibandingkan indikator lainnya, sedangkan kemampuan merumuskan masalah memiliki persentase tertinggi. Setelah perlakuan diberikan, peningkatan paling menonjol terjadi pada indikator membuat kesimpulan dan menginterpretasi data. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis masalah yang dipadukan dengan simulasi virtual mampu membantu peserta didik memahami tahapan proses ilmiah secara lebih sistematis. Selain itu, penggunaan simulasi interaktif mendorong peserta didik lebih aktif dalam mengamati hubungan antarvariabel, menganalisis hasil percobaan, dan menyusun hasil pengamatan secara ilmiah. Perbandingan ketercapaian indikator keterampilan proses sains pada hasil pre-test dan post-test divisualisasikan pada Gambar 2 untuk memperjelas perbedaan capaian tiap indikator.



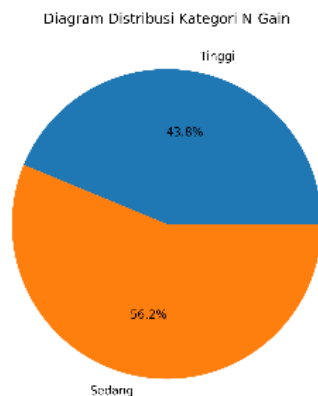
Gambar 2. Grafik Perbandingan Ketercapaian Indikator Keterampilan Proses Sains pada Pre-Test dan Post-Test

Untuk mengetahui tingkat peningkatan kemampuan peserta didik setelah perlakuan pembelajaran diberikan, penelitian ini menggunakan analisis N-Gain. Analisis tersebut digunakan untuk mengelompokkan peningkatan keterampilan proses sains ke dalam kategori tinggi, sedang, dan rendah. Rekapitulasi distribusi kategori N-Gain peserta didik disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Analisis N-Gain

Kategori	Jumlah Peserta Didik	Persentase (%)
Tinggi	14	43,75
Sedang	18	56,25
Rendah	0	0

Berdasarkan Tabel 2, sebagian besar peserta didik berada pada kategori sedang dengan persentase sebesar 56,25%, sedangkan kategori tinggi mencapai 43,75%. Tidak terdapat peserta didik yang berada pada kategori rendah sehingga seluruh peserta didik mengalami peningkatan kemampuan setelah mengikuti pembelajaran. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan Problem Based Learning berbantuan PhET Interactive Simulation memberikan pengaruh positif terhadap perkembangan keterampilan proses sains peserta didik. Aktivitas pembelajaran berbasis masalah yang dipadukan dengan simulasi virtual membantu peserta didik lebih aktif dalam melakukan investigasi ilmiah dan memahami konsep melalui pengalaman belajar yang lebih interaktif. Distribusi kategori peningkatan keterampilan proses sains divisualisasikan kembali pada Gambar 3 untuk memperjelas proporsi peningkatan kemampuan peserta didik.

**Gambar 3. Diagram Distribusi Kategori N-Gain Keterampilan Proses Sains**

Tahap berikutnya dilakukan uji normalitas untuk menentukan teknik analisis statistik yang sesuai dalam pengujian hipotesis penelitian. Pengujian normalitas menggunakan metode Shapiro-Wilk melalui bantuan aplikasi SPSS versi 21.0 karena jumlah sampel penelitian kurang dari 50 peserta didik. Hasil uji normalitas data pre-test dan post-test disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk

Data	Signifikansi	Keterangan
<i>Pre-Test</i>	0,005	Tidak normal
<i>Post-Test</i>	0,006	Tidak normal

Berdasarkan Tabel 3, nilai signifikansi pada data pre-test maupun post-test berada di bawah 0,05 sehingga data penelitian dinyatakan tidak berdistribusi normal. Oleh karena itu, pengujian hipotesis dilanjutkan menggunakan uji Wilcoxon sebagai alternatif pengujian nonparametrik untuk data berpasangan yang tidak memenuhi asumsi normalitas. Hasil pengujian hipotesis menggunakan uji Wilcoxon disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Wilcoxon

Aspek Pengujian	Nilai
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000
Keputusan	H ₀ ditolak
Kesimpulan	Terdapat peningkatan signifikan

Berdasarkan Tabel 4, hasil uji Wilcoxon menunjukkan nilai Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar 0,000 atau lebih kecil dari 0,05. Hasil tersebut menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai pre-test dan post-test setelah penerapan model Problem Based Learning berbantuan PhET Interactive Simulation. Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis masalah yang dipadukan dengan simulasi virtual efektif meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik pada materi suhu dan kalor.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model Problem Based Learning berbantuan PhET Interactive Simulation memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan keterampilan proses sains peserta didik kelas VII pada materi suhu dan kalor. Seluruh indikator keterampilan proses sains mengalami peningkatan setelah peserta didik mengikuti pembelajaran berbasis masalah yang dipadukan dengan simulasi virtual. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran yang menempatkan peserta didik sebagai pusat aktivitas belajar mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan investigatif. Dalam penerapannya, peserta didik terlibat langsung dalam proses penyelidikan, analisis masalah, serta penyusunan konsep ilmiah melalui aktivitas eksplorasi. Temuan tersebut sejalan dengan teori konstruktivisme yang menekankan bahwa pengetahuan akan lebih mudah dipahami ketika peserta didik membangunnya sendiri melalui interaksi aktif dengan lingkungan belajar. Hasil penelitian ini didukung oleh Ilhami et al. (2023) dan Hartati et al. (2022) yang menjelaskan bahwa Problem Based Learning efektif meningkatkan keterampilan proses sains melalui kegiatan observasi, analisis, dan pemecahan masalah berbasis fenomena kontekstual.

Peningkatan yang paling tinggi ditemukan pada indikator menginterpretasi data. Pada tahap awal pembelajaran, peserta didik masih mengalami kesulitan dalam membaca pola data, memahami hubungan antarvariabel, dan menghubungkan hasil pengamatan dengan konsep ilmiah yang relevan. Rendahnya kemampuan tersebut menunjukkan bahwa peserta didik belum

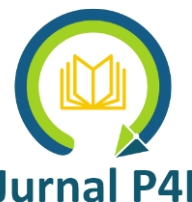


terbiasa melakukan investigasi dan pengolahan data secara mandiri dalam pembelajaran IPA. Setelah diterapkan pembelajaran berbantuan simulasi virtual, kemampuan interpretasi data meningkat secara signifikan karena peserta didik memperoleh kesempatan mengamati hubungan sebab-akibat melalui visualisasi interaktif pada simulasi. Penggunaan PhET Interactive Simulation membantu peserta didik memahami konsep abstrak melalui tampilan visual yang lebih konkret sehingga proses analisis data menjadi lebih mudah dilakukan. Selain itu, peserta didik dapat mengulangi pengamatan terhadap fenomena virtual sesuai kebutuhan sehingga kemampuan mereka dalam menafsirkan data berkembang secara lebih optimal. Temuan ini sejalan dengan penelitian Saifuddin et al. (2025) yang menyatakan bahwa kemampuan interpretasi data berkembang lebih baik ketika peserta didik terlibat aktif dalam kegiatan observasi dan investigasi ilmiah. Hasil tersebut juga diperkuat oleh Nurfahzuni dan Budiyanto (2023) yang menjelaskan bahwa simulasi PhET mampu meningkatkan aktivitas investigasi peserta didik melalui pengalaman belajar yang lebih interaktif dan eksploratif.

Peningkatan kemampuan pada indikator merumuskan masalah menunjukkan bahwa peserta didik mulai mampu mengidentifikasi fenomena ilmiah secara lebih sistematis setelah mengikuti pembelajaran berbasis masalah. Dalam proses pembelajaran, peserta didik diarahkan untuk mengamati permasalahan kontekstual yang berkaitan dengan suhu dan kalor sebelum menentukan fokus investigasi yang akan dilakukan. Kegiatan tersebut membantu peserta didik memahami bahwa proses ilmiah selalu diawali dengan identifikasi masalah yang jelas dan terarah. Pembelajaran berbasis masalah memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk membangun rasa ingin tahu melalui aktivitas eksplorasi dan diskusi kelompok. Situasi tersebut mendorong peserta didik lebih aktif dalam menghubungkan fenomena yang diamati dengan konsep IPA yang dipelajari. Temuan penelitian ini memperlihatkan bahwa keterampilan merumuskan masalah berkembang ketika peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang menuntut keterlibatan aktif dalam proses penyelidikan ilmiah.

Indikator merumuskan hipotesis juga mengalami peningkatan setelah diterapkan model Problem Based Learning berbantuan PhET Interactive Simulation. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa peserta didik mulai mampu menyusun dugaan sementara berdasarkan hasil pengamatan dan informasi yang diperoleh selama proses investigasi. Dalam kegiatan pembelajaran, peserta didik tidak hanya menerima informasi dari guru, tetapi dilatih menyusun prediksi terhadap hubungan antarvariabel sebelum melakukan eksperimen virtual. Aktivitas tersebut membantu peserta didik memahami bahwa hipotesis merupakan bagian penting dalam proses penyelidikan ilmiah. Selain itu, penggunaan simulasi virtual memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk membandingkan hipotesis yang disusun dengan hasil pengamatan yang diperoleh selama eksperimen. Putri et al. (2024) menjelaskan bahwa pembelajaran berbasis masalah mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah karena peserta didik terbiasa melakukan analisis dan pengambilan keputusan secara mandiri. Hasil penelitian Kasuga et al. (2022) juga menunjukkan bahwa pendekatan Problem Based Learning efektif mengembangkan keterampilan proses sains melalui aktivitas investigasi yang melibatkan peserta didik secara aktif.

Peningkatan kemampuan pada indikator mengidentifikasi variabel menunjukkan bahwa peserta didik mulai memahami hubungan antara variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol dalam kegiatan eksperimen. Pada tahap awal pembelajaran, sebagian peserta didik masih mengalami kesulitan membedakan fungsi setiap variabel dalam percobaan IPA. Setelah diterapkan pembelajaran berbasis simulasi virtual, peserta didik menjadi lebih mudah memahami hubungan antarvariabel karena perubahan yang terjadi pada simulasi dapat diamati secara langsung. Aktivitas manipulasi variabel dalam PhET Interactive Simulation membantu



peserta didik memahami pengaruh suatu variabel terhadap perubahan energi dan suhu yang terjadi selama percobaan virtual berlangsung. Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa media simulasi digital mampu mendukung pengembangan keterampilan investigatif secara lebih konkret dan interaktif. Penggunaan simulasi virtual juga membuat peserta didik lebih aktif melakukan eksplorasi sehingga proses pembelajaran menjadi lebih bermakna dan tidak hanya berorientasi pada hafalan konsep. Temuan ini diperkuat oleh Diab et al. (2024) yang menyatakan bahwa penggunaan simulasi digital dalam pembelajaran sains dapat meningkatkan pemahaman konsep melalui pengalaman belajar visual dan multimodal.

Indikator membuat kesimpulan memperoleh capaian tertinggi pada hasil post-test. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peserta didik mulai mampu menghubungkan hasil pengamatan dengan konsep ilmiah yang dipelajari selama proses pembelajaran berlangsung. Kemampuan menyusun kesimpulan berkembang karena peserta didik terbiasa melakukan diskusi kelompok, menganalisis hasil percobaan, dan menyusun argumen berdasarkan data yang diperoleh selama investigasi. Selain itu, simulasi virtual membantu peserta didik memahami hubungan sebab-akibat melalui visualisasi perubahan energi yang ditampilkan secara langsung pada media pembelajaran. Proses pembelajaran yang menekankan aktivitas analisis dan diskusi membuat peserta didik lebih terlatih dalam menyusun kesimpulan berbasis bukti ilmiah dibandingkan hanya menghafal konsep secara teoritis. Temuan tersebut menunjukkan bahwa integrasi pembelajaran berbasis masalah dan simulasi virtual tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga memperkuat kemampuan berpikir ilmiah peserta didik secara menyeluruh.

Hasil analisis N-Gain menunjukkan bahwa sebagian besar peserta didik berada pada kategori sedang dan tinggi, sedangkan tidak terdapat peserta didik yang berada pada kategori rendah. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa penerapan Problem Based Learning berbantuan simulasi virtual mampu meningkatkan keterampilan proses sains secara konsisten pada sebagian besar peserta didik. Peningkatan kemampuan tersebut dipengaruhi oleh keterlibatan aktif peserta didik selama proses pembelajaran, terutama ketika melakukan eksperimen virtual, berdiskusi, dan menyelesaikan masalah berbasis fenomena ilmiah. Aktivitas pembelajaran yang bersifat eksploratif membantu peserta didik membangun pemahaman secara mandiri sehingga konsep yang dipelajari menjadi lebih mudah dipahami dan diingat dalam jangka waktu lebih lama. Meskipun demikian, tingkat peningkatan kemampuan peserta didik tidak sepenuhnya merata karena dipengaruhi oleh kemampuan awal, kesiapan menggunakan teknologi, tingkat konsentrasi, dan intensitas keterlibatan selama pembelajaran berlangsung. Peserta didik yang lebih aktif dalam proses investigasi cenderung menunjukkan perkembangan keterampilan proses sains yang lebih tinggi dibandingkan peserta didik yang kurang terlibat dalam diskusi maupun eksperimen virtual. Hasil penelitian ini sejalan dengan Hartati et al. (2022) yang menyatakan bahwa keterlibatan aktif peserta didik dalam pembelajaran berbasis masalah berpengaruh terhadap peningkatan keterampilan proses sains. Selain itu, Purwati et al. (2025) menjelaskan bahwa laboratorium virtual IPA efektif meningkatkan keterampilan proses sains pada materi suhu dan kalor karena mampu memberikan pengalaman eksperimen yang lebih interaktif dan fleksibel. Temuan tersebut juga diperkuat oleh Aulia et al. (2025) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis virtual laboratory mampu meningkatkan pemahaman konsep serta aktivitas investigasi peserta didik pada materi suhu dan kalor.

Berdasarkan hasil uji Wilcoxon diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000 sehingga menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kemampuan awal dan kemampuan akhir peserta didik setelah perlakuan diberikan. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa integrasi Problem Based Learning dan PhET Interactive Simulation efektif dalam meningkatkan



keterampilan proses sains peserta didik pada materi suhu dan kalor. Secara pedagogis, peningkatan tersebut terjadi karena peserta didik terlibat langsung dalam aktivitas investigasi, observasi, analisis data, dan penyusunan kesimpulan ilmiah selama proses pembelajaran berlangsung. Lingkungan belajar yang aktif dan berbasis eksplorasi memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk membangun pemahaman melalui pengalaman belajar yang lebih bermakna dibandingkan pembelajaran konvensional yang cenderung berpusat pada guru. Selain itu, penggunaan simulasi virtual membantu peserta didik memahami konsep abstrak melalui pendekatan visual dan interaktif sehingga proses pembelajaran menjadi lebih menarik dan mudah dipahami. Temuan penelitian ini diperkuat oleh Al Azizah dan Fauziah (2023) yang menyatakan bahwa Problem Based Learning mampu meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik SMP melalui aktivitas pembelajaran yang menuntut partisipasi aktif dan pemecahan masalah secara sistematis. Hasil penelitian ini juga selaras dengan Zikriana dan Hanum (2026) yang menjelaskan bahwa optimalisasi penggunaan simulasi PhET dalam pembelajaran IPA dapat mendukung peningkatan keterampilan ilmiah dan keterampilan digital peserta didik di tingkat SMP.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan model Problem Based Learning berbantuan PhET Interactive Simulation terbukti efektif meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik kelas VII pada materi suhu dan kalor. Peningkatan kemampuan terlihat pada seluruh indikator keterampilan proses sains, meliputi kemampuan merumuskan masalah, menyusun hipotesis, mengidentifikasi variabel, menginterpretasikan data, dan membuat kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan ilmiah. Pembelajaran berbasis masalah yang dipadukan dengan simulasi virtual membantu peserta didik lebih aktif dalam melakukan investigasi, menganalisis fenomena, serta memahami konsep-konsep abstrak melalui visualisasi yang interaktif. Dengan demikian, integrasi pendekatan Problem Based Learning dan PhET Interactive Simulation mampu mendukung pengembangan kemampuan berpikir ilmiah peserta didik secara lebih optimal pada pembelajaran IPA.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan simulasi virtual berbasis teknologi dapat menjadi alternatif pembelajaran inovatif untuk menciptakan proses belajar yang lebih aktif, kontekstual, dan investigatif. Selain membantu pemahaman konsep, pembelajaran berbasis masalah juga memberikan pengalaman belajar yang mendorong keterlibatan peserta didik dalam aktivitas eksplorasi dan pemecahan masalah secara sistematis. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain eksperimen yang lebih luas dengan melibatkan kelompok kontrol, jumlah sampel yang lebih besar, serta pengukuran variabel lain seperti kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan literasi sains. Selain itu, penerapan model pembelajaran berbantuan simulasi virtual juga dapat dikembangkan pada materi IPA lain yang memiliki karakteristik abstrak dan memerlukan visualisasi konseptual.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Azizah, A., & Fauziah, A. N. M. (2023). Peningkatan keterampilan proses sains siswa SMP melalui pendekatan model *problem based learning* pada pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 13(2), 525–529. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i2.1090>
- Al-Ishmah, Q., Saputra, H. H., & Putri, H. R. (2025). Efektivitas model *problem based learning* berbantuan *PhET simulation* terhadap kemampuan pemecahan masalah. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(2), 212–224. <https://journal.unpas.ac.id/index.php/pendas/article/view/24862>



- Aulia, R. S., Chusni, M. M., & Kariadinata, R. (2025). Efektivitas model pembelajaran *problem based learning* dengan media “VLab suhu dan kalor” terhadap hasil belajar. *SEMESTA: Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pengajaran*, 3(3), 134–147. <https://doi.org/10.70115/semesta.v3i3.334>
- Chen, K. F., Hwang, G. J., & Chen, M. R. A. (2024). Effects of a concept mapping-guided virtual laboratory learning approach on students’ science process skills and behavioral patterns. *Educational Technology Research and Development*, 72(3), 1623–1651. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11423-024-10348-y>
- Diab, H., Daher, W., Rayan, B., Issa, N., & Rayan, A. (2024). Transforming science education in elementary schools: The power of *PhET* simulations in enhancing student learning. *Multimodal Technologies and Interaction*, 8(11), 105. <https://doi.org/10.3390/mti8110105>
- Fauziah, F. M. (2022). *Systematic literature review*: Bagaimanakah pembelajaran IPA berbasis keterampilan proses sains yang efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis? *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(3), 455–463. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i3.627>
- Hartati, H., Azmin, N., Nasir, M., & Andang, A. (2022). Keterampilan proses sains siswa melalui model pembelajaran *problem based learning (PBL)* pada materi biologi. *JIIP- Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5(12), 5795–5799. <https://doi.org/10.54371/jiip.v5i12.1190>
- Hidayati, T. P., Sutresna, Y., & Warsono, W. (2021). Efektivitas penggunaan model *problem based learning* berbantuan *mind mapping* terhadap keterampilan proses sains siswa. *Bioed: Jurnal Pendidikan Biologi*, 9(1), 1–10. <http://dx.doi.org/10.25157/jpb.v9i1.5327>
- Idris, N., Talib, O., & Razali, F. (2022). Strategies in mastering science process skills in science experiments: A systematic literature review. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(1), 155–170. <https://journal.unnes.ac.id/nju/jpii/article/view/32969>
- Ilhami, A., Wahyuni, S., & Putra, N. D. P. (2023). Meningkatkan keterampilan proses sains siswa melalui model pembelajaran *problem based learning*: *Systematic literature review*. *Edu-Sains: Jurnal Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 12(2), 8–15. <https://doi.org/10.22437/jmpmipa.v11i2.25501>
- Kasuga, W., Maro, W., & Pangani, I. (2022). Effect of *problem-based learning* approach on developing students’ science process skills on the topic of safety in our environment. *Journal of Turkish Science Education*, 19(3), 872–886. <https://doi.org/10.36681/tused.2022.154>
- Laurence C, L. (2022). Integration of *PhET* interactive simulations in online synchronous and asynchronous teaching of science: Its impact on learners’ science process skills. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, 6(6), 61–77. <http://eprints.umsida.ac.id/10380/>
- Nurfahzuni, D., & Budiyanto, M. (2023). Implementasi *guided inquiry learning* berbantuan simulasi interaktif *PhET* untuk meningkatkan keterampilan proses sains. *Pensa E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 11(1), 53–60. <https://doi.org/10.26740/pensa.v11i1.46672>
- Purwati, P., Darwis, R., & Natsir, N. A. (2025). Efektivitas laboratorium virtual IPA dalam meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik kelas VII pada materi suhu dan kalor. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 15(1), 322–330. <https://doi.org/10.37630/jpm.v15i1.2574>
- Putri, S. W., Almufidah, A., & Gusmaneli, G. (2024). Strategi pembelajaran berbasis masalah dalam meningkatkan kemampuan *problem solving* peserta didik. *Jurnal Kajian*



- Penelitian Pendidikan dan Kebudayaan*, 2(2), 179–187.
<https://doi.org/10.59031/jkppk.v2i2.401>
- Ramadhan, R., Ningsih, K., & Supartini, S. (2023). Meningkatkan keterampilan proses sains melalui model pembelajaran *problem based learning (PBL)* pada materi biologi. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(2), 1061–1070.
<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v11i2.8034>
- Rizaldi, R., Syahwin, S., & Ramadani, R. (2022). Efektifitas *e-modul* praktikum fisika berbasis model *problem based learning* menggunakan *Smart Apps Creator* terhadap keterampilan proses sains siswa SMA/MA. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(3), 720–725.
<https://doi.org/10.37630/jpm.v12i3.647>
- Saifuddin, A. A. P., Hasyim, M., & Haris, A. (2025). Analisis keterampilan proses sains peserta didik kelas XI SMAN 2 Bulukumba. *Al-Irsyad Journal of Physics Education*, 4(2), 150–159. <https://doi.org/10.58917/ijpe.v4i2.439>
- Saputra, I. G. P. E. (2025). Efektivitas pembelajaran fisika berorientasi *guided inquiry* berbantuan *PhET* simulasi terhadap pengembangan keterampilan proses sains siswa. *Konstruktivisme: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 17(2), 326–346.
<https://ejournal.unisbablitar.ac.id/index.php/konstruktivisme/article/view/4646>
- Sinaga, A. C., & Hardinata, A. (2025). Hubungan antara keterampilan proses sains dan hasil belajar siswa dengan pembelajaran *problem-based learning* berbantuan *PhET Colorado*. *Jurnal Penelitian Sains dan Pendidikan (JPSP)*, 5(1), 54–64.
<https://doi.org/10.23971/jpsp.v5i1.9977>
- Solpa, N. M., Nulhakim, L., & Resti, V. D. A. (2022). Analisis keterampilan proses sains (*KPS*) dalam buku teks IPA SMP kelas VII tema pemanasan global (*Analysis of science process skills (SPS) in science textbook Grade 7th junior high school on the theme global warming*). *BIODIK*, 8(3), 9–18. <https://online-journal.unja.ac.id/biodik/article/view/18317>
- 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://ejournal.unesa.ac.id/index.php/pensa/article/view/44884>
- Zikriana, L., & Hanum, E. (2026). Optimalisasi simulasi *PhET* dalam pembelajaran IPA sebagai upaya peningkatan keterampilan digital siswa di SMP Negeri 3 Peusangan: Pengabdian. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, 4(3), 20192–20197.
<https://jerkn.org/index.php/jerkn/article/view/5345>