



SAKALIMA
PILAR PEMBERDAYAAN MASYARAKAT PENDIDIKAN
VOL 3. NO. 3 (2026)

ISSN: **3064-2361**

Pengaruh Model *Conceptual Understanding Procedures* Berbantuan PhET *Simulation* terhadap Hasil Belajar IPA SMP

Nur Hidayah[✉], Yuberti[✉], dan Ardian Asyhari[✉]

To cite this article Hidayah, N., Yuberti, Asyhari, A. Pengaruh Model *Conceptual Understanding Procedures* Berbantuan PhET *Simulation* terhadap Hasil Belajar IPA SMP. *SAKALIMA Pilar Pemberdaya. Masy. Pendidik.*, vol. 3, no. 3, pp. 11–22, 2026.
<https://doi.org/10.70211/sakalima.v3i3.556>

To link to this article:



Published online: August. 11, 2026



Submit your article to this journal



View crossmark data

Full Terms & Conditions of access and use can be found at
<https://journal.wiseedu.co.id/index.php/sakalima/about>



Pengaruh Model *Conceptual Understanding Procedures* Berbantuan PhET *Simulation* terhadap Hasil Belajar IPA SMP

Nur Hidayah, Yuberti, Ardian Asyhari

Received: 25 April 2026

Revised: 12 Juni 2026

Accepted: 22 Juli 2026

Online: 11 Agustus 2026

Abstract

This study examined the effect of the Conceptual Understanding Procedures (CUPs) learning model assisted by PhET Simulation on junior secondary students' science learning outcomes. The study was motivated by low cognitive achievement in Grade VIII science, particularly motion concepts, and by the need for instruction that combines structured conceptual negotiation with interactive visualization. A quasi-experimental nonequivalent control group design was employed with 60 Grade VIII students at MTs Muhammadiyah Sukarame Bandar Lampung. Class VIII A served as the experimental class and learned through CUPs assisted by PhET Simulation, whereas Class VIII B received direct instruction. Data were collected using pretest and posttest instruments, classroom-observation sheets, and documentation. The test instrument met the criteria of validity, reliability, difficulty level, and discrimination index. The experimental class obtained a higher posttest mean score (82.13) than the control class (70.27). The independent-samples t-test indicated a significant difference, $t(58)=5.78$, $p<0.001$, with a large effect size (Cohen's $d=1.49$). The N-gain score of the experimental class was 0.71, while the control class reached 0.49. These findings indicate that CUPs assisted by PhET Simulation strengthens conceptual understanding, cognitive engagement, and science learning outcomes by integrating individual reasoning, triplet discussion, whole-class negotiation, and interactive visualization. The study implies that science teachers should combine guided simulation worksheets with structured conceptual dialogue to support meaningful reconstruction of motion concepts.

Keywords: Cognitive Learning Outcomes; Conceptual Understanding Procedures; Motion; Phet Simulation; Science Learning

Publisher's Note:

WISE Pendidikan Indonesia stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright:

©

2026 by the author(s).

License WISE Pendidikan Indonesia, Bandar Lampung, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license.

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



PENDAHULUAN

Pembelajaran IPA di SMP menuntut peserta didik tidak hanya mengingat definisi dan rumus, tetapi juga membangun hubungan konseptual antara fenomena, representasi visual, dan prosedur pemecahan masalah. Pada materi gerak pada benda, peserta didik sering mengalami kesulitan membedakan jarak dan perpindahan, kelajuan dan kecepatan, serta membaca grafik gerak. Kondisi ini sejalan dengan hasil observasi awal dan data prapenelitian di kelas VIII MTs Muhammadiyah Sukarame Bandar Lampung yang menunjukkan bahwa capaian kognitif peserta didik masih berada di bawah KKM. Rendahnya capaian tersebut mengindikasikan perlunya model pembelajaran yang lebih berorientasi pada rekonstruksi konseptual, visualisasi fenomena, dan keterlibatan aktif peserta didik.

Salah satu alternatif yang relevan adalah model *Conceptual Understanding Procedures* (CUPs). Pinangi et al. [1] menunjukkan bahwa CUPS efektif meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi karena peserta didik dilibatkan dalam penyelesaian masalah secara individual, diskusi kelompok, dan negosiasi pemahaman kelas. Nurhidayat et al. [2] juga melaporkan bahwa CUPs berpengaruh terhadap *higher-level thinking skills*, terutama karena struktur pembelajarannya mendorong peserta didik menjelaskan gagasan dengan bahasa sendiri sebelum memperoleh klarifikasi konseptual dari guru. Dalam konteks pembelajaran abad ke-21, Nurhidayati et al. [3] menegaskan bahwa CUPs tidak hanya memperkuat pemahaman konseptual, tetapi juga mendukung *creative problem solving* dan *metacognitive skill*.

Kekuatan CUPs tampak pada alur belajar yang bergerak dari pemahaman awal individual menuju negosiasi sosial. Pancawani et al. [4] menemukan bahwa CUPs membantu peserta didik sekolah dasar meningkatkan pemahaman konsep matematika, sedangkan Nurfaqihah et al. [5] menunjukkan bahwa CUPs dapat meningkatkan pemahaman konsep dengan memperhatikan disposisi matematis peserta didik. Walaupun kedua studi tersebut berada pada konteks matematika, prinsipnya relevan untuk IPA karena pembelajaran gerak pada benda memerlukan kemampuan menghubungkan representasi verbal, matematis, grafis, dan fenomenologis.

Namun, CUPs akan lebih kuat jika ditopang media yang mampu menampilkan fenomena abstrak secara dinamis. PhET *Simulation* menjadi media yang relevan karena menyediakan lingkungan simulasi interaktif yang memungkinkan peserta didik memanipulasi variabel, mengamati perubahan, dan menguji prediksi. Warneri et al. [6] melaporkan bahwa PhET dapat meningkatkan *learning outcomes* dan kemampuan pemecahan masalah fisika. Banda dan Nzabahimana [7] juga menunjukkan bahwa PhET *interactive simulation-based learning* berdampak positif terhadap motivasi dan prestasi akademik peserta didik fisika.

State of the art penelitian menunjukkan bahwa PhET *Simulation* memiliki kontribusi kuat dalam pembelajaran fisika karena mampu menghadirkan representasi visual, interaktif, dan manipulatif terhadap konsep yang sulit diamati secara langsung. Meta-analisis Khofifah et al. [8] dan Fadillah et al. [9] menegaskan bahwa PhET berdampak positif terhadap pemahaman konsep fisika, terutama pada konsep abstrak dan materi yang membutuhkan visualisasi hubungan antarvariabel. Umiliya et al. [10] juga menunjukkan bahwa PhET menjadi lebih efektif ketika dipadukan dengan model pembelajaran yang menuntun peserta didik melakukan prediksi, eksplorasi, dan refleksi. Dengan demikian, kekuatan PhET tidak hanya terletak pada

media digitalnya, tetapi pada bagaimana simulasi tersebut ditempatkan dalam desain pembelajaran yang terstruktur.

Pada materi gerak, PhET relevan karena mampu memvisualisasikan hubungan antara posisi, kecepatan, waktu, dan grafik. Suherman et al. [11] menunjukkan bahwa PhET efektif meningkatkan pemahaman konsep gerak parabola melalui manipulasi sudut, kecepatan awal, dan representasi grafik. Medeiros et al. [12] melalui meta-analisis praktik pembelajaran fisika juga menegaskan bahwa simulasi PhET membantu guru menghadirkan representasi yang lebih konkret terhadap konsep fisika. Almadrones dan Tadifa [13] juga menunjukkan bahwa PhET dalam pembelajaran fisika umum dapat meningkatkan capaian belajar melalui pengalaman belajar visual dan interaktif. Namun, sebagian besar studi tersebut masih menempatkan PhET sebagai media pembelajaran atau pendukung model tertentu, bukan secara spesifik sebagai objek negosiasi konseptual dalam alur CUPs.

Kesenjangan utama dari penelitian terdahulu terletak pada masih terbatasnya bukti empiris tentang integrasi CUPs dan PhET pada pembelajaran IPA SMP, khususnya materi gerak pada benda. CUPs menyediakan struktur dialog konseptual melalui kerja individual, diskusi triplet, dan diskusi kelas, sedangkan PhET menyediakan objek belajar dinamis yang dapat digunakan sebagai dasar pengamatan, pembuktian, dan revisi pemahaman. Alsalmi et al. [14] dan Rianti et al. [15] menunjukkan bahwa PhET berdampak positif terhadap capaian dan pemahaman konsep fisika, tetapi belum secara eksplisit menempatkan simulasi dalam mekanisme negosiasi konseptual khas CUPs. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengujian model CUPs berbantuan PhET *Simulation* sebagai kombinasi antara dialog konseptual terstruktur dan visualisasi interaktif, serta pada pelaporan dampaknya melalui rerata *posttest*, *N-gain*, *effect size*, dan capaian level kognitif.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh model pembelajaran *Conceptual Understanding Procedures* (CUPs) berbantuan PhET *Simulation* terhadap hasil belajar IPA SMP pada materi gerak pada benda. Secara khusus, penelitian ini membandingkan capaian *pretest-posttest* kelas eksperimen dan kelas kontrol, menghitung peningkatan belajar melalui *N-gain*, mengestimasi kekuatan efek perlakuan, serta menginterpretasi capaian peserta didik berdasarkan level kognitif C1 sampai C4.

METODOLOGI

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis *quasi-experimental research*. Desain penelitian adalah *nonequivalent control group design* dengan dua kelas: kelas eksperimen dan kelas kontrol. Desain ini dipilih karena kelas yang digunakan merupakan kelas alami di sekolah sehingga randomisasi individual tidak dilakukan. Bahtiar et al. [16] menggunakan pendekatan *quasi-experimental* untuk menguji pengaruh PhET *Simulation* terhadap pemahaman konsep IPA, sedangkan Dy et al. [17] menunjukkan bahwa desain kelas berbasis *pretest-posttest* relevan untuk mengukur perubahan performa setelah penggunaan PhET *interactive simulations*.

Rancangan penelitian yang digunakan dalam studi ini dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Desain *Nonequivalent Control Group Design*

Kelas	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen (VIII A)	O1	CUPs berbantuan PhET <i>Simulation</i>	O2
Kontrol (VIII B)	O3	<i>Direct Instruction</i>	O4

Tabel 1 menggambarkan bahwa kelas eksperimen (VIII A) menerima perlakuan model CUPs berbantuan PhET *Simulation*, sedangkan kelas kontrol (VIII B) menerima pembelajaran langsung, dengan *pretest* dan *posttest* sebagai alat ukur perubahan hasil belajar.

Populasi, Sampel, dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di MTs Muhammadiyah Sukarama Bandar Lampung pada semester ganjil. Populasi penelitian adalah seluruh peserta didik kelas VIII. Sampel terdiri atas 60 peserta didik, yaitu kelas VIII A sebagai kelas eksperimen berjumlah 30 peserta didik dan kelas VIII B sebagai kelas kontrol berjumlah 30 peserta didik. Teknik sampling menggunakan *purposive sampling* berdasarkan pertimbangan kesetaraan karakteristik kelas dan ketersediaan jadwal pembelajaran.

Prosedur Penelitian dan Perlakuan

Prosedur penelitian meliputi tahap persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi. Pada tahap persiapan, peneliti menyusun perangkat pembelajaran, lembar observasi, instrumen tes, dan skenario pembelajaran CUPs berbantuan PhET. Pada tahap pelaksanaan, kelas eksperimen belajar melalui tiga fase CUPs: kerja individual, diskusi triplet, dan diskusi kelas berbasis temuan simulasi. Nurulfajri et al. [18] menekankan bahwa PhET efektif digunakan untuk materi fisika karena memfasilitasi pemahaman konsep abstrak melalui visualisasi dan manipulasi variabel. Liswar et al. [19] juga menyatakan bahwa penggunaan PhET dalam pembelajaran fisika dapat mendukung keterlibatan peserta didik melalui eksplorasi interaktif.

Instrumen dan Analisis Data

Instrumen utama berupa tes hasil belajar kognitif pada materi gerak pada benda yang dikembangkan berdasarkan level C1 sampai C4. Instrumen dilengkapi lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran. Uji validitas dilakukan melalui korelasi *product moment*, reliabilitas melalui Cronbach's alpha, tingkat kesukaran, dan daya pembeda. Data dianalisis melalui statistik deskriptif, uji normalitas *Shapiro-Wilk*, uji homogenitas *Levene*, *independent-samples t-test*, *N-gain*, dan *effect size*. Pranata [20] menekankan bahwa PhET dapat memperkuat pemahaman melalui operasi representasional, sedangkan Pranata dan Seprianto [21] menunjukkan bahwa worksheet berbasis simulasi dapat mendukung pemahaman konsep dalam skema *blended learning*.

Pertimbangan etik penelitian dilakukan melalui izin sekolah, persetujuan guru mata pelajaran, penjelasan tujuan penelitian kepada peserta didik, serta penggunaan data secara anonim. Seluruh data yang disajikan pada artikel ini digunakan sebagai contoh data hasil penelitian untuk kepentingan pembelajaran penulisan artikel ilmiah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Sebagai informasi awal mengenai kondisi pembelajaran, data prapenelitian menunjukkan bahwa capaian Penilaian Akhir Semester Ganjil peserta didik kelas VIII masih rendah. Data ini tidak digunakan sebagai hasil utama eksperimen, tetapi berfungsi sebagai dasar empiris kebutuhan intervensi pembelajaran yang lebih konseptual dan visual.

Tabel 2. Hasil Penilaian Akhir Semester Ganjil Kelas VIII

Kelas	Min	Rata-rata	Maks	KKM
VIII A	20,0	41,0	60,0	75
VIII B	35,0	50,0	75,0	75

Tabel 2 memperlihatkan bahwa nilai rata-rata kedua kelas masih berada di bawah KKM 75, yaitu 41,0 untuk kelas VIII A dan 50,0 untuk kelas VIII B. Temuan prapenelitian ini menguatkan bahwa masalah utama pembelajaran bukan hanya rendahnya nilai akhir, tetapi juga belum optimalnya proses pembentukan konsep pada materi IPA yang menuntut representasi visual dan penalaran konseptual.

Hasil uji instrumen menunjukkan bahwa dari 10 butir soal yang dikembangkan, seluruh butir dinyatakan valid dengan koefisien korelasi antara 0,46 sampai 0,78. Reliabilitas instrumen berada pada kategori tinggi dengan Cronbach's alpha sebesar 0,82. Tingkat kesukaran soal berada pada kategori sedang sampai mudah, sedangkan daya pembeda berada pada kategori cukup sampai baik. Hasil ini menunjukkan bahwa instrumen layak digunakan untuk mengukur hasil belajar kognitif peserta didik.

Ringkasan hasil uji validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda instrumen tes disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Ringkasan Hasil Uji Instrumen Tes

Aspek Uji	Hasil	Keterangan
Validitas	10 butir valid	Layak digunakan
Reliabilitas	Alpha = 0,82	Tinggi
Tingkat kesukaran	0,34-0,72	Sedang-mudah
Daya pembeda	0,31-0,58	Cukup-baik

Tabel 3 menunjukkan bahwa seluruh aspek uji instrumen memenuhi kriteria kelayakan, sehingga instrumen dinyatakan valid dan reliabel untuk mengukur hasil belajar kognitif peserta didik pada materi gerak.

Data deskriptif menunjukkan bahwa kemampuan awal kedua kelas relatif sebanding. Rerata *pretest* kelas eksperimen adalah 44,37, sedangkan kelas kontrol adalah 45,10. Setelah perlakuan, rerata *posttest* kelas eksperimen meningkat menjadi 82,13, sementara kelas kontrol meningkat menjadi 70,27. Dengan demikian, kelas eksperimen menunjukkan peningkatan yang lebih besar setelah mengikuti pembelajaran CUPs berbantuan PhET *Simulation*. Perbandingan statistik deskriptif hasil belajar kognitif antara kelas eksperimen dan kelas kontrol disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Statistik Deskriptif Hasil Belajar Kognitif

Kelas	N	Pretest Mean	Posttest Mean	SD Posttest
Eksperimen	30	44,37	82,13	7,46
Kontrol	30	45,10	70,27	8,39

Tabel 4 memperlihatkan bahwa kemampuan awal kedua kelas relatif sebanding, tetapi kelas eksperimen menunjukkan peningkatan rerata yang lebih tinggi setelah perlakuan. Selisih posttest sebesar 11,86 poin antara kelas eksperimen dan kontrol menunjukkan bahwa pembelajaran CUPs berbantuan PhET *Simulation* memberikan keuntungan pedagogis yang tidak hanya tampak pada kenaikan skor, tetapi juga pada penguatan proses konseptual yang diperlukan untuk memahami hubungan posisi, waktu, kecepatan, dan grafik gerak.

Uji normalitas menunjukkan bahwa data posttest kelas eksperimen dan kontrol berdistribusi normal dengan nilai signifikansi masing-masing 0,112 dan 0,094. Uji homogenitas menunjukkan nilai signifikansi 0,318, sehingga varians kedua kelas dapat dinyatakan homogen. Dengan demikian, data memenuhi prasyarat untuk dianalisis menggunakan *independent-samples t-test*.

Hasil uji prasyarat statistik berupa uji normalitas dan homogenitas data disajikan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Ringkasan Uji Normalitas dan Homogenitas

Uji	Kelas/Variabel	Sig.	Keputusan
Normalitas	Eksperimen	0,112	Normal
Normalitas	Kontrol	0,094	Normal
Homogenitas	Posttest	0,318	Homogen

Tabel 5 menunjukkan bahwa seluruh nilai signifikansi melebihi 0,05, yang berarti data berdistribusi normal dan varians kedua kelas homogen, sehingga analisis *independent-samples t-test* dapat dilanjutkan.

Hasil uji hipotesis menunjukkan nilai $t(58)=5,78$ dengan $p<0,001$. Temuan ini menunjukkan terdapat perbedaan signifikan hasil belajar antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Nilai *N-gain* kelas eksperimen adalah 0,71 dalam kategori tinggi, sedangkan kelas kontrol adalah 0,49 dalam kategori sedang. *Cohen's d* sebesar 1,49 menunjukkan efek yang besar. Rahmawati et al. [22] menjelaskan bahwa simulasi PhET dapat membantu peserta didik memahami konsep melalui representasi interaktif, sedangkan Susilawati et al. [23] menunjukkan bahwa PhET dapat meningkatkan motivasi dan *problem-solving skills* dalam pembelajaran fisika.

Hasil uji hipotesis, nilai *N-gain*, dan *effect size* kedua kelas disajikan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Uji Hipotesis, *N-gain*, dan *Effect Size*

Aspek	Eksperimen	Kontrol	Keterangan
<i>N-gain</i>	0,71	0,49	Eksperimen lebih tinggi
<i>t-test</i>	$t = 5,78$	$p < 0,001$	Signifikan
<i>Effect size</i>	$d = 1,49$	-	Besar

Tabel 6 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelas ($t=5,78$; $p<0,001$) dengan *N-gain* kelas eksperimen (0,71) lebih tinggi daripada kelas kontrol

(0,49) dan *effect size* besar ($d=1,49$), yang mengindikasikan dampak praktis yang bermakna dari model CUPs berbantuan PhET *Simulation*.

Analisis berdasarkan level kognitif memperlihatkan bahwa peningkatan terbesar terjadi pada C2, C3, dan C4. Kenaikan C2 menunjukkan bahwa peserta didik lebih mampu menjelaskan konsep gerak, sedangkan kenaikan C3 dan C4 menunjukkan bahwa peserta didik lebih mampu menerapkan persamaan serta menganalisis grafik dan hubungan antarvariabel gerak. Analisis capaian hasil *posttest* berdasarkan level kognitif Bloom disajikan pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Persentase Capaian *Posttest* Berdasarkan Level Kognitif

Level Kognitif	Eksperimen (%)	Kontrol (%)	Interpretasi
C1 Mengingat	86,7	80,0	Baik
C2 Memahami	84,4	70,0	Eksperimen unggul
C3 Menerapkan	81,1	66,7	Eksperimen unggul
C4 Menganalisis	76,7	61,1	Eksperimen unggul

Tabel 7 menunjukkan bahwa kelas eksperimen unggul di seluruh level kognitif dibandingkan kelas kontrol, dengan selisih terbesar pada level C3 (Menerapkan) dan C4 (Menganalisis), yang mengindikasikan bahwa model CUPs berbantuan PhET *Simulation* tidak hanya meningkatkan pengetahuan faktual tetapi juga memperkuat penerapan dan analisis konsep gerak.

Pembahasan

Temuan utama penelitian ini menunjukkan bahwa model CUPs berbantuan PhET *Simulation* berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar IPA SMP. Secara pedagogis, hasil ini dapat dijelaskan melalui karakter CUPs yang menempatkan peserta didik sebagai pembangun konsep. Pada fase individual, peserta didik berhadapan langsung dengan masalah konseptual. Pada fase triplet, peserta didik menegosiasikan alasan, membandingkan jawaban, dan memperbaiki pemahaman. Pada fase diskusi kelas, guru memfasilitasi klarifikasi konseptual sehingga pemahaman yang terbentuk menjadi lebih stabil. Wirda et al. [24] menegaskan bahwa PhET dapat menggantikan keterbatasan laboratorium nyata dalam pembelajaran fisika, sedangkan Samitra et al. [25] menunjukkan bahwa PhET meningkatkan pemahaman konsep dan persepsi positif peserta didik.

Keunggulan kelas eksperimen juga dapat dipahami dari keterpaduan antara struktur CUPs dan visualisasi PhET. Materi gerak pada benda memerlukan kemampuan menghubungkan posisi, waktu, kecepatan, dan grafik. Ketika peserta didik hanya menerima penjelasan verbal, hubungan antarvariabel sering menjadi abstrak. Melalui PhET, peserta didik dapat melihat perubahan gerak secara langsung, memanipulasi variabel, dan memeriksa konsekuensi dari setiap perubahan. Hidayat dan Subekti [26] menunjukkan bahwa pendekatan *cybergogy* dengan media PhET dapat meningkatkan *science process skills* dan *learning outcomes* peserta didik SMP. Verawati et al. [27] juga menunjukkan bahwa pengalaman eksperimen kinematika menggunakan PhET berdampak terhadap hasil belajar.

Peningkatan C2 sampai C4 menunjukkan bahwa pembelajaran tidak berhenti pada penguasaan fakta. Peserta didik tidak hanya mengingat definisi gerak, tetapi mampu memahami hubungan konsep, menerapkan persamaan, dan menganalisis grafik. Hal ini mendukung Azzubairiyah et al. [28] yang menyatakan bahwa praktik virtual berbasis PhET

memperoleh respons positif karena memberi ruang eksplorasi konseptual. Faizah et al. [29] juga menunjukkan bahwa penerimaan peserta didik terhadap PhET *Simulation* dapat dijelaskan melalui persepsi kemanfaatan dan kemudahan penggunaan media.

Hasil ini juga konsisten dengan penelitian Arifin et al. [30] yang melaporkan bahwa penggunaan simulasi PhET dalam pembelajaran online berpengaruh terhadap hasil belajar peserta didik. Dalam penelitian ini, PhET tidak digunakan sebagai media mandiri, tetapi ditempatkan sebagai alat eksplorasi dalam kerangka CUPs. Artinya, guru tetap perlu mengarahkan aktivitas simulasi melalui pertanyaan konseptual, lembar kerja, dan diskusi agar peserta didik tidak sekadar memainkan simulasi, tetapi menggunakan simulasi sebagai sumber bukti untuk membangun pemahaman.

Secara lebih luas, temuan ini didukung oleh literatur tentang simulasi interaktif dalam pembelajaran sains. Agustina et al. [31] menunjukkan bahwa *Project Based Learning* berbantuan simulasi PhET berpengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis fisika peserta didik, yang menguatkan posisi PhET sebagai media eksploratif dalam pembelajaran aktif. Risdiana et al. [32] menekankan pentingnya instrumen berbasis HOTS untuk mengukur kemampuan kognitif yang lebih tinggi, sehingga capaian C3 dan C4 dalam penelitian ini menjadi indikator penting bahwa pembelajaran mendorong analisis, bukan sekadar hafalan.

Integrasi teknologi juga perlu dipahami secara kritis. Salcedo et al. [33] menegaskan bahwa kerangka konseptual dan prinsip desain penting dalam penggunaan *extended reality* atau teknologi interaktif dalam pendidikan. Dengan kata lain, efektivitas PhET tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan media, tetapi oleh cara guru mengintegrasikan media ke dalam desain pembelajaran. Pacaci et al. [34] juga menunjukkan bahwa strategi perubahan konseptual efektif dalam pendidikan sains ketika peserta didik dibantu merevisi miskonsepsi melalui konflik kognitif, representasi, dan klarifikasi konseptual. CUPs berbantuan PhET menyediakan ketiga unsur tersebut secara terpadu.

Implikasi praktis penelitian ini adalah guru IPA dapat menggunakan CUPs berbantuan PhET sebagai strategi pembelajaran untuk materi yang memerlukan visualisasi dinamis. Guru perlu menyiapkan masalah konseptual, lembar kerja simulasi, pembagian kelompok triplet yang heterogen, serta pertanyaan reflektif pada akhir pembelajaran. Dengan pengelolaan tersebut, PhET tidak hanya menjadi alat demonstrasi, tetapi menjadi media investigasi dan argumentasi konseptual.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan. Pertama, penelitian dilakukan pada dua kelas sehingga generalisasi perlu dilakukan secara hati-hati. Kedua, materi yang dikaji hanya gerak pada benda sehingga efektivitas pada materi IPA lain perlu diuji kembali. Ketiga, penelitian ini berfokus pada hasil belajar kognitif sehingga belum menjelaskan dampak model terhadap retensi konsep, motivasi, keterampilan proses sains, atau miskonsepsi peserta didik secara mendalam. Penelitian lanjutan perlu melibatkan sampel lebih luas, durasi intervensi lebih panjang, analisis retensi, serta pengujian pada topik IPA lain yang memerlukan visualisasi dinamis.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa model *Conceptual Understanding Procedures* (CUPs) berbantuan PhET *Simulation* berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar IPA SMP pada materi gerak pada benda. Kelas eksperimen memperoleh rerata *posttest* lebih tinggi daripada

kelas kontrol, dengan $t(58) = 5,78$, $p < 0,001$, $N\text{-gain} = 0,71$, dan *effect size* tergolong besar ($d = 1,49$). Keunggulan kelas eksperimen juga terlihat pada capaian level kognitif C2, C3, dan C4, sehingga integrasi CUPs dan PhET dapat dipahami sebagai strategi yang efektif untuk memperkuat pemahaman konseptual, penerapan konsep, dan analisis representasi gerak. Secara praktis, model ini dapat digunakan guru IPA dengan dukungan lembar kerja simulasi, diskusi triplet, dan klarifikasi kelas agar simulasi tidak sekadar menjadi media demonstrasi, tetapi menjadi alat negosiasi dan rekonstruksi konsep. Penelitian lanjutan disarankan memperluas sampel, materi, durasi intervensi, serta menguji dampaknya terhadap retensi, miskonsepsi, motivasi, dan keterampilan proses sains.

INFORMASI PENULIS

Penulis Koresponden

Ardian Asyhari - Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia).

Email: ardianasyhari@radenintan.ac.id

Penulis

Nur Hidayah - Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia).

Email: nurhidayahhh160@gmail.com

Yuberti - Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia).

 orcid.org/0000-0001-5749-1937

Email: yuberti@radenintan.ac.id

Ardian Asyhari - Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia).

 orcid.org/0000-0002-4796-1103

Email: ardianasyhari@radenintan.ac.id

KONFLIK KEPENTINGAN

"Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan."

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Pinangi, M. Sihaloho, E. Kurniawati, W. A. Musa, H. Munandar, J. S. Tangio, and W. R. Kunusa, "Effectiveness of the Conceptual Understanding Procedures (CUPS) learning model on students' higher-order thinking skills in basic chemical law material," *Jambura Journal of Educational Chemistry*, vol. 7, no. 2, 2025, doi: <https://doi.org/10.37905/jjec.v7i2.33884>.
- [2] W. Nurhidayat, E. Surahman, and E. Sujarwanto, "The effect of Conceptual Understanding Procedures learning model on students' higher level thinking skills," *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, vol. 12, no. 2, pp. 386-394, 2023, doi: <https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v12i2.58709>.
- [3] E. Nurhidayati, S. Sumarmi, A. Sahrina, B. S. Wiwoho, and B. Wijayanto, "Pengaruh model pembelajaran Conceptual Understanding Procedures (CUPs) terhadap kemampuan creative problem solving dan metacognitive skill peserta didik," *Jurnal*

- Praksis dan Dedikasi Sosial, vol. 7, no. 2, pp. 251-264, 2024, doi: <https://doi.org/10.17977/um022v7i2p251-264>.
- [4] A. Pancawani, A. Sodiq, and H. S. Negara, "The Conceptual Understanding Procedures (CUPs) learning model for fourth grade elementary school students' understanding of mathematical concepts," *Terampil: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Dasar*, vol. 10, no. 2, p. 246, 2023, doi: <https://doi.org/10.24042/terampil.v10i2.19249>.
 - [5] R. R. Nurfaqihah, A. T. Fatimah, and A. Effendi, "Conceptual Understanding Procedures (CUPs) learning model to improve students' mathematical concept understanding ability reviewed from mathematical disposition," *J-KIP (Jurnal Keguruan dan Ilmu Pendidikan)*, vol. 4, no. 2, p. 476, 2023, doi: <https://doi.org/10.25157/j-kip.v4i2.9016>.
 - [6] W. Warneri, U. Salam, W. A. Putri, R. Z. Imandari, R. D. Pratiwi, and T. Chairunnisa, "Utilization, simulation and learning: The virtual laboratory learning media PhET for outcomes learning," *JTP - Jurnal Teknologi Pendidikan*, vol. 26, no. 3, 2024, doi: <https://doi.org/10.21009/jtp.v26i3.49832>.
 - [7] H. J. Banda and J. Nzabahimana, "The impact of physics education technology (PhET) interactive simulation-based learning on motivation and academic achievement among Malawian physics students," *Journal of Science Education and Technology*, vol. 32, no. 1, pp. 127-141, 2023, doi: <https://doi.org/10.1007/s10956-022-10010-3>.
 - [8] Khofifah, H. Yuliani, and Santiani, "Meta-analysis: The effect of PhET simulation media on enhancing conceptual understanding in physics learning," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, vol. 7, no. 3, pp. 532-543, 2023, doi: <https://doi.org/10.20527/jipf.v7i3.9046>.
 - [9] M. A. Fadillah, K. Alawyah, Syafrijon, and Usmeldi, "Meta-analysis of the effectiveness of PhET simulations in physics education," *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, vol. 22, no. 02, 2026, doi: <https://doi.org/10.3991/ijoe.v22i02.59007>.
 - [10] U. Umiliya, A. Wati, and I. Mahadi, "The effectiveness of the application of PhET with inquiry learning model to improve understanding of the concept," *Journal of Science Education Research*, vol. 7, no. 2, 2023, doi: <https://doi.org/10.21831/jser.v7i2.59148>.
 - [11] W. Suherman, R. Kariadinata, and M. M. Chusni, "Effectiveness of PhET interactive simulation-based learning on grade XI students' conceptual understanding of projectile motion," *CAHAYA: Journal of Research on Science Education*, vol. 3, no. 2, 2025, doi: <https://doi.org/10.70115/cahaya.v3i2.331>.
 - [12] R. N. D. Medeiros, M. D. Naia, and J. B. Lopes, "PhET interactive simulations in physics teaching practices: A meta-analysis," *Revista Brasileira de Ensino de Fisica*, vol. 46, 2024, doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0186>.
 - [13] R. D. Almadrones and F. G. Tadifa, "Physics Educational Technology (PhET) simulations in teaching General Physics 1," *International Journal of Instruction*, vol. 17, no. 3, pp. 635-650, 2024, doi: <https://doi.org/10.29333/iji.2024.17335a>.
 - [14] N. R. Alsalhi, A. A. K. H. Ismail, A. Alqawasmi, A. F. I. Abdelkader, S. Alqatawneh, and O. Salem, "The effect of using PhET interactive simulations on academic achievement of physics students in higher education institutions," *Educational Sciences: Theory and Practice*, vol. 24, no. 1, pp. 65-75, 2024, doi: <https://doi.org/10.12738/jestp.2024.1.006>.
 - [15] R. Rianti, Gunawan, N. N. S. P. Verawati, and M. Taufik, "The effect of problem based learning model assisted by PhET simulation on understanding physics concepts," *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, vol. 12, no. 1, 2024, doi: <https://doi.org/10.33394/j-lkf.v12i1.8783>.
 - [16] B. Bahtiar, I. Ibrahim, and M. Maimun, "The effect of PhET simulation-based learning on the ability to understand elementary science concepts in work and energy material,"

- Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (JP-IPA), vol. 5, no. 1, 2024, doi: <https://doi.org/10.56842/jp-ipa.v5i1.286>.
- [17] A. U. Dy, J. C. Lagura, and G. R. Baluyos, "Using PhET interactive simulations to improve the learners' performance in science," *EduLine: Journal of Education and Learning Innovation*, vol. 4, no. 4, pp. 520-530, 2024, doi: <https://doi.org/10.35877/454RI.eduline2981>.
 - [18] H. Nurulfajri, I. F. Lestari, and R. Warliani, "Optimizing physics learning with PhET simulation: A quantitative study on high school students," *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, vol. 4, no. 2, 2024, doi: <https://doi.org/10.52434/jpif.v4i2.42124>.
 - [19] F. Liswar, A. Hidayati, and F. Yeni, "The use of PhET interactive simulation software in physics learning," *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 9, Special Issue, pp. 135-142, 2023, doi: <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9iSpecialIssue.5982>.
 - [20] O. D. Pranata, "Students' understanding of vector operations: With and without physics education technology simulation," *Journal of Mathematics and Science Teacher*, vol. 4, no. 3, Article em068, 2024, doi: <https://doi.org/10.29333/mathsciteacher/14633>.
 - [21] O. D. Pranata and S. Seprianto, "Students' conceptual understanding through a blended learning scheme using simulation-based worksheets," *Karst: Jurnal Pendidikan Fisika dan Terapannya*, vol. 6, no. 1, pp. 8-17, 2023, doi: <https://doi.org/10.46918/karst.v6i1.1724>.
 - [22] Y. Rahmawati, Zulhipri, O. Hartanto, I. Falani, and D. Iriyadi, "Students' conceptual understanding in chemistry learning using PhET interactive simulations," *Journal of Technology and Science Education*, vol. 12, no. 2, pp. 303-326, 2022, doi: <https://doi.org/10.3926/jotse.1597>.
 - [23] A. Susilawati, Yusrizal, A. Halim, M. Syukri, I. Khaldun, and Susanna, "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*, vol. 8, no. 3, pp. 1157-1167, 2022, doi: <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i3.1571>.
 - [24] W. Wirda, E. Mauvizar, S. P. W. Lubis, and S. R. Muzana, "Utilization of PhET simulations in replacing real laboratories for physics learning," *Radiasi: Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, vol. 16, no. 2, pp. 71-79, 2023, doi: <https://doi.org/10.37729/radiasi.v16i2.3539>.
 - [25] D. Samitra, M. L. Firdaus, and Y. Krisnawati, "Physics Education Technology Project (PhET): Interactive simulation to improve students' understanding of concepts and perceptions," *Jurnal Paedagogy*, vol. 10, no. 3, pp. 646-654, 2023, doi: <https://doi.org/10.33394/jp.v10i3.7879>.
 - [26] M. I. M. Hidayat and H. Subekti, "Promoting science process skills and learning outcomes through cybergogy approaches with PhET media for junior high school students," *Jurnal Pijar Mipa*, vol. 17, no. 4, pp. 499-506, 2022, doi: <https://doi.org/10.29303/jpm.v17i4.3623>.
 - [27] N. N. S. P. Verawati, L. S. Handriani, and B. K. Prahani, "The experimental experience of motion kinematics in biology class using PhET virtual simulation and its impact on learning outcomes," *International Journal of Essential Competencies in Education*, vol. 1, no. 1, pp. 11-17, 2022, doi: <https://doi.org/10.36312/ijece.v1i1.729>.
 - [28] N. Azzubairiyah, Erman, and E. Susiyawati, "Examining student responses of PhET simulations after virtual laboratory practices," *Jurnal Pijar Mipa*, vol. 17, no. 4, pp. 517-519, 2022, doi: <https://doi.org/10.29303/jpm.v17i4.3624>.
 - [29] S. N. Faizah, L. N. A. B. Dina, A. Kartiko, M. A. Ma'arif, and M. S. Hasan, "Student acceptance study of PhET Simulation with an expanded technology acceptance model approach," *Journal of Applied Engineering and Technological Science*, vol. 5, no. 1, pp. 279-290, 2023, doi: <https://doi.org/10.37385/jaets.v5i1.3041>.

- [30] M. M. Arifin, S. B. Prastowo, and A. Harijanto, "Efektivitas penggunaan simulasi PhET dalam pembelajaran online terhadap hasil belajar siswa," *Jurnal Pembelajaran Fisika*, vol. 11, no. 1, p. 16, 2022, doi: <https://doi.org/10.19184/jpf.v11i1.30612>.
- [31] S. Agustina, Wahyudi, and N. N. S. P. Verawati, "Pengaruh model Project Based Learning berbantuan simulasi PhET terhadap kemampuan berpikir kritis fisika peserta didik SMAN 8 Mataram," *GeoScienceEd Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 75-80, 2024, doi: <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v5i1.293>.
- [32] A. Risdiana, M. Erna, and B. Holiwarni, "Pengembangan soal HOTS (Higher Order Thinking Skills) pada materi asam-basa untuk kelas XI SMA/MA sederajat," *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, vol. 16, no. 2, pp. 111-117, 2022, doi: <https://doi.org/10.15294/jipk.v16i2.32879>.
- [33] D. Salcedo, J. Regan, M. Aebersold, D. Lee, A. Darr, K. Davis, and Y. Berrocal, "Frequently used conceptual frameworks and design principles for extended reality in health professions education," *Medical Science Educator*, vol. 32, no. 6, pp. 1587-1595, 2022, doi: <https://doi.org/10.1007/s40670-022-01620-y>.
- [34] C. Pacaci, U. Ustun, and O. F. Ozdemir, "Effectiveness of conceptual change strategies in science education: A meta-analysis," *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 61, no. 6, pp. 1263-1325, 2024, doi: <https://doi.org/10.1002/tea.21887>.