

Pengaruh *PhET Interactive Simulations* terhadap Pemahaman Konsep Siswa pada Materi Termodinamika

Muhammad Ikhfas Tanzillal*, Erina Hertanti, Iwan Permana Suwarna

Prodi Pendidikan Fisika, UIN Syarif Hidayatullah, Indonesia

*Korespondensi Penulis. E-mail: erina.hertanti@uinjkt.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *PhET Interactive Simulations* terhadap pemahaman konsep siswa pada materi termodinamika. Metode penelitian yang digunakan yaitu eksperimen semu dengan desain *nonequivalent control group design* pada kelas XI SMA Negeri di Tangerang Selatan. Instrumen utama berupa tes pemahaman konsep yang diberikan pada tahap *pre-test* dan *post-test* kepada dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen yang menggunakan *PhET Interactive Simulations* dan kelompok kontrol yang menerima pembelajaran konvensional. Hasil analisis menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konsep yang signifikan pada kelompok eksperimen dengan nilai *n-Gain* pada kategori tinggi, serta perbedaan yang juga signifikan antara dua kelompok berdasarkan uji *t*. Temuan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *PhET* mampu membantu siswa membangun pemahaman konseptual melalui visualisasi dan eksplorasi interaktif. Secara lebih luas, hasil penelitian ini mengimplikasikan bahwa integrasi media simulasi digital dapat mendukung pendidikan berkelanjutan melalui pembelajaran yang adaptif, efisien, dan berbasis teknologi.

Kata Kunci: *PhET interactive simulations*, Pemahaman konsep, Termodinamika

The Effect of PhET Interactive Simulations on Students' Conceptual Understanding of Thermodynamics Material

Abstract

*This study aims to investigate the impact of using PhET Interactive Simulations on students' conceptual understanding of Thermodynamics. The research method used was a quasi-experimental design with a nonequivalent control group design in class 11th of a Public Senior High School in South Tangerang. The primary instrument was a conceptual understanding test administered at both the pretest and posttest stages to two classes: the experimental class, which learned using PhET Interactive Simulations, and the control class, which received conventional instruction. The results of the analysis showed a significant increase in conceptual understanding in the experimental class with an *n-Gain* value in the high category, as well as a significant difference between the two groups based on the *t*-test. These findings suggest that the use of PhET can help students develop conceptual understanding through interactive visualization and exploration. More broadly, the results of this study suggest that integrating digital simulation media can support sustainable education through adaptive, efficient, and technology-based learning.*

Keywords: *PhET Interactive Simulations, conceptual understanding, thermodynamics.*

How to Cite: Tanzillal, M. I., Hertanti, E., & Suwarna, I. P. (2026). Pengaruh phet interactive simulations terhadap pemahaman konsep siswa pada materi termodinamika. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 14(1). 121–130. <https://doi.org/10.21831/jpms.v14i1.91208>

DOI: <https://doi.org/10.21831/jpms.v14i1.91208>

PENDAHULUAN

Pendidikan berkelanjutan menekankan pentingnya pembelajaran yang mampu membentuk peserta didik untuk memahami isu global dan memanfaatkan teknologi secara tepat (Pangestuti et al., 2025). Pembelajaran yang

adaptif dan berbasis teknologi menjadi salah satu fondasi pencapaian tujuan *Sustainable Development Goals* (SDG) terkait pendidikan berkualitas (Dianningrum & Purwaningsih, 2023). Integrasi teknologi dalam pembelajaran juga menjadi solusi untuk mendukung efisiensi sumber daya dan memperluas akses pengalaman

belajar ilmiah di sekolah (Banda & Nzabahimana, 2023).

Kesulitan konsep muncul ketika siswa harus memahami fenomena abstrak yang membutuhkan kemampuan visualisasi dan keterkaitan antarvariabel (Sari et al., 2022). Fisika sebagai mata pelajaran memiliki karakteristik yang menantang karena banyak konsep tidak dapat diamati secara langsung sehingga membutuhkan media pendukung representasi (Kusumah, 2013). Materi termodinamika merupakan salah satu materi fisika yang sering menimbulkan miskonsepsi karena siswa harus memahami hubungan energi, kalor, dan kerja secara mikroskopis maupun makroskopis (Bhakti et al., 2022).

Pemahaman konsep tidak hanya mencakup kemampuan mengingat dan memahami informasi, tetapi juga melibatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills*) seperti menganalisis, mengevaluasi, dan menciptakan solusi atas permasalahan yang kompleks (Li et al., 2024). Pemahaman konsep adalah kemampuan seseorang untuk mengetahui dan menjelaskan ide utama dalam suatu materi. Siswa yang memahami konsep bisa membedakan antara informasi penting dan tidak penting, serta dapat menjelaskan kembali dengan bahasa sendiri (Sengkey et al., 2023.). Pemahaman konsep juga mencakup kemampuan menghubungkan satu ide dengan ide lain dan menerapkannya dalam situasi yang berbeda. Dalam konteks pembelajaran, pemahaman konsep membantu siswa menyelesaikan soal, menjawab pertanyaan, dan memahami materi secara utuh, bukan hanya menghafal (Anggraini, 2023). Penelitian Suharto (2020), menyatakan bahwa pemahaman konsep melibatkan kemampuan menjelaskan, memberi alasan, serta menyusun hubungan antar informasi yang dipelajari.

Namun, beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemahaman konsep siswa masih tergolong rendah. Penelitian oleh Aisyah et al. (2023) menunjukkan bahwa kemampuan pemahaman konsep siswa pada materi usaha dan energi masih tergolong rendah, dengan rata-rata nilai pemahaman konsep sebesar 45,6. Penelitian oleh Yuliana et al. (2023) menemukan bahwa pemahaman konsep siswa pada materi suhu dan kalor berada dalam kategori sedang, dengan persentase pemahaman konsep sebesar 48%. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemahaman konsep siswa masih rendah.

Pemahaman konsep berbeda dari hasil belajar karena pemahaman konsep menekankan kemampuan menjelaskan makna konsep secara tepat (Yuliana et al., 2023). Selain itu, pemahaman konsep mencakup kemampuan memberi contoh dan bukan contoh secara tepat untuk menunjukkan batasan suatu konsep. Pemahaman konsep juga mengacu pada kemampuan mengaitkan berbagai konsep terkait sehingga siswa dapat membangun struktur pengetahuan yang utuh (Sari et al., 2022). Oleh sebab itu, penilaian pemahaman konsep membutuhkan instrumen yang mampu mengukur dimensi kognitif ini, bukan hanya sekadar kemampuan menghitung atau mengingat rumus (Susilawati et al., 2022).

Rendahnya pemahaman konsep siswa juga ditemukan pada materi termodinamika. Beberapa penelitian menunjukkan hal tersebut, seperti penelitian (Bhakti et al., 2022) yang menggunakan instrumen *Thermodynamic Concept Survey* menyatakan bahwa hanya 36,28% siswa yang memahami konsep termodinamika, sementara 37,7% mengalami miskonsepsi dan 22,27% tidak tahu konsep. Penelitian oleh Wulandari et al. (2023), menemukan bahwa hanya 6,5% siswa yang memahami konsep termodinamika, dengan 85,7% siswa tidak memahami konsep tersebut. Hasil penelitian tersebut menginformasikan bahwa pemahaman konsep termodinamika masih rendah dan memerlukan perhatian khusus dalam proses pembelajaran.

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan media interaktif dapat meningkatkan pemahaman konseptual siswa jika integrasi media dilakukan secara sistematis (Novianti et al., 2019). Namun, penelitian yang secara spesifik menilai pemahaman konsep pada materi termodinamika masih terbatas dan belum banyak menelaah proses-proses termodinamika sebagai satu kesatuan utuh. Selain itu, sebagian besar penelitian mengenai penggunaan *PhET* lebih berfokus pada peningkatan hasil belajar atau motivasi, bukan pada indikator pemahaman konsep secara mendalam (Rizkiana & Apriani, 2020).

Pendekatan yang digunakan untuk mengatasi masalah pemahaman konsep siswa yaitu dengan penerapan *PhET Interactive Simulations*. *PhET Interactive Simulations* adalah media pembelajaran berbasis simulasi interaktif yang dikembangkan oleh *University of Colorado Boulder* yang dirancang untuk

membantu siswa memahami konsep-konsep sains dan matematika melalui visualisasi yang menarik dan interaktif. Menurut Putri, et al. (2024), *PhET Interactive Simulations* memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi fenomena fisika secara langsung, sehingga mereka dapat membangun pemahaman konsep yang lebih mendalam. Pada materi termodinamika, *PhET Interactive Simulations* menyediakan simulasi *Forms and Changes* dan *Gas Properties* yang memungkinkan siswa melakukan eksperimen virtual, guna melihat secara langsung hubungan antara kalor, usaha, dan perubahan energi. Menurut Liswar et al. (2023), penggunaan simulasi *PhET Interactive Simulations* dapat meningkatkan pemahaman konseptual siswa dengan menyediakan representasi visual dari konsep-konsep abstrak, serta mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran.

PhET Interactive Simulations menyediakan visualisasi mikroskopis dan manipulasi variabel yang memungkinkan siswa memahami konsep abstrak secara lebih konkret. *PhET* juga memungkinkan siswa melakukan eksplorasi mandiri sehingga dapat membantu mereka membangun pemahaman konseptual melalui pengalaman langsung berbasis simulasi (Banda & Nzabahimana, 2023). Meskipun demikian, penggunaan *PhET* pada materi termodinamika, terutama pada submateri proses-proses termodinamika, masih perlu diteliti lebih lanjut karena belum banyak penelitian yang menilai efektivitasnya secara menyeluruh (Pranata, 2024).

Efektivitas *PhET Interactive Simulations* dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa

telah dibuktikan oleh beberapa penelitian. Misalnya penelitian Rizkiana & Apriani (2020), menemukan adanya peningkatan signifikan pada pemahaman konsep model molekul setelah penggunaan simulasi *PhET Interactive Simulations*. Penelitian oleh Susilawati (2022) menunjukkan bahwa penggunaan *PhET Interactive Simulations* mampu meningkatkan *n-Gain* sebesar 0,68 dalam kategori sedang.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menguji pengaruh penggunaan *PhET Interactive Simulations* terhadap pemahaman konsep siswa pada materi termodinamika. Penelitian ini berfokus pada kemampuan siswa menjelaskan konsep, memberikan contoh dan bukan contoh, mengklasifikasikan fenomena, mengaitkan konsep yang relevan, dan menerapkan konsep dalam konteks baru (Sari, 2017). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris dalam pengembangan pembelajaran berbasis teknologi yang mendukung pendidikan berkelanjutan di sekolah menengah (Dianningrum & Purwaningsih, 2023).

METODE

Penelitian berpendekatan kuantitatif dengan metode kuasi eksperimen. Pendekatan kuantitatif dipilih untuk menguji pengaruh suatu variabel bebas terhadap variabel terikat secara statistik (Sugiyono, 2023). Penelitian kuasi eksperimen terbukti relevan dalam pengukuran hasil belajar siswa dalam konteks pembelajaran sains (Sengkey et al., 2023). Desain yang diacu adalah *nonequivalent control group design* dengan penjabaran pada Tabel 1.

Tabel 1. Desain penelitian

Kelompok	Pre-test	Perlakuan	Post-test
Eksperimen	O ₁	X	O ₂
Kontrol	O ₃	-	O ₄

O₁ dan O₃ merupakan *pre-test* sebelum ada perlakuan. O₂ adalah *post-test* kelompok eksperimen setelah diberikan perlakuan berupa penerapan *PhET Interactive Simulations* O₄ adalah hasil *post-test* kelompok kontrol yang tidak diberi perlakuan penerapan *PhET Interactive Simulations*. Desain ini dipilih karena tidak memungkinkan peneliti melakukan randomisasi penuh terhadap kelas yang tersedia, namun tetap dapat membandingkan efektivitas perlakuan antara kelompok eksperimen dan

kelompok kontrol (Creswell, 2014; Fraenkel & Wallen, 2012).

Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas XI di salah satu SMA Negeri di Kota Tangerang Selatan. Sampel penelitian terdiri atas dua kelompok yang ditentukan melalui teknik *purposive sampling* (Sugiyono, 2023), berdasarkan kesetaraan kemampuan awal antarkelas. Penelitian ini terbagi menjadi tiga tahap, yaitu tahap awal, tahap pelaksanaan, dan tahap akhir. Pada tahap awal, dimulai dari persiapan penelitian, meliputi studi

pendahuluan, perumusan masalah, pengkajian teori belajar, penyusunan modul ajar, pembuatan LKPD, serta pembuatan instrumen tes.

Pada tahap pelaksanaan, dilakukan pengambilan data. Tahap ini dimulai dari pengambilan data melalui *pre-test*. Selanjutnya, kelompok eksperimen mendapat perlakuan yaitu penggunaan *PhET Interactive Simulations*, dengan lima indikator pemahaman konsep yang mencakup menjelaskan konsep, memberikan contoh dan bukan contoh, mengklasifikasikan objek atau fenomena berdasarkan karakteristik konseptual, mengaitkan berbagai konsep yang relevan, dan menerapkan konsep dalam konteks baru, menurut Susilowati dan Hidayat (2020),

sedangkan kelompok kontrol mengikuti pembelajaran konvensional dan menganalisa dan mengevaluasi proses pemecahan masalah (Maryati, 2018). Setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai, siswa diberikan soal *post-test*. Pada tahap akhir, dilakukan analisis data.

Instrumen utama penelitian adalah instrumen tes pemahaman konsep berupa 13 soal uraian berstruktur yang telah divalidasi oleh tiga ahli. Soal-soal dirancang mengukur indikator pemahaman konsep yang dikembangkan oleh Susilowati & Hidayat (2020) dan diklasifikasikan berdasarkan level taksonomi Bloom revisi yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kisi-kisi instrumen tes

Indikator	Deskripsi	Nomor soal	Kognitif
Menjelaskan konsep	Siswa mampu mendeskripsikan konsep yang telah dipelajari tanpa mengandalkan definisi dari buku atau guru.	1, 3, 8	C1
Memberikan contoh	Siswa dapat menunjukkan ilustrasi nyata dari suatu konsep dan membedakan hal yang tidak termasuk dalam konsep tersebut.	4, 9	C2
Mengklasifikasikan	Siswa dapat mengelompokkan berbagai fenomena atau data sesuai dengan konsep yang relevan.	5, 10	C4
Mengaitkan konsep	Siswa mampu mengubah informasi verbal menjadi bentuk visual atau sebaliknya untuk memperkuat pemahaman.	2, 6, 11	C4
Menerapkan konsep	Siswa dapat menggunakan konsep yang dipelajari untuk menjelaskan fenomena lain yang belum pernah diajarkan secara langsung.	7, 12	C3

Validitas isi diuji menggunakan *Content Validity Index (CVI)* berdasarkan penilaian tiga validator ahli (Humairoh et al., 2025). Reliabilitas instrumen diuji menggunakan rumus *Alpha Cronbach* melalui bantuan SPSS. Dari 13 soal yang diuji, terdapat 1 butir yang tidak valid. Ketidakvalidan ini disebabkan oleh redaksi soal terlalu panjang dan menimbulkan ambiguitas, sehingga siswa menafsirkan maksud soal secara berbeda. Penelitian oleh Suwarna (2016) juga menginformasikan bahwa soal berbasis konteks yang terlalu naratif berisiko menurunkan validitas karena menambah beban membaca. Soal yang tidak valid tidak digunakan dalam tes.

Data *pre-test* dan *post-test* dianalisis menggunakan *n-Gain* dan *effect size* untuk melihat peningkatan pemahaman konsep. Selanjutnya dilakukan uji normalitas, homogenitas, dan uji *t* untuk mengetahui perbedaan signifikan antara kelompok kontrol dan eksperimen (Sugiyono, 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian mendeskripsikan pengaruh *PhET Interactive Simulations* terhadap pemahaman konsep siswa pada materi termodinamika. Hasil statistik deskriptif tertera pada Tabel 3.

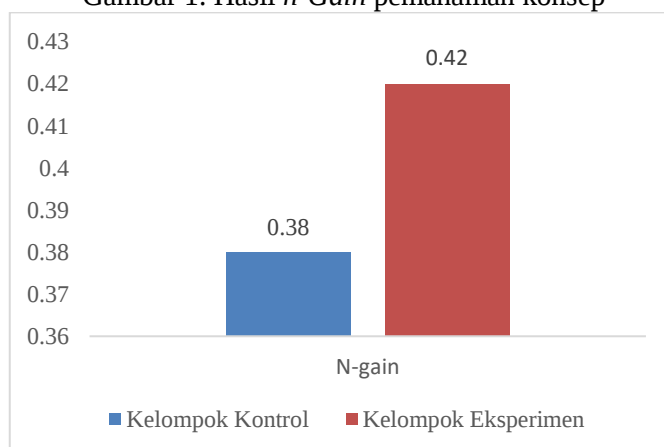
Tabel 3. Hasil statistik deskriptif

Penyebaran data	Kelompok Eksperimen		Kelompok Kontrol	
	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>
N	33	33	33	33
Nilai maksimal	50,00	80,00	57,50	67,50
Nilai minimal	25,00	42,50	15,00	40,00
Rata-rata	32,57	57,80	33,25	56,66
Median	30,00	57,50	32,50	57,50
SDs	7,69	8,69	7,19	10,24

Tabel 3 menunjukkan nilai penyebaran data *pre-test* dan *post-test* kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Pada tabel terlihat hasil *pre-test* kedua kelompok menunjukkan hasil yang relatif sama, dengan rata-rata nilai kelompok kontrol sebesar 33,25 dan kelompok eksperimen sebesar 32,57. Artinya, kedua kelompok memiliki kemampuan awal yang sama sebelum perlakuan diberikan. Setelah perlakuan, kelompok eksperimen mengalami peningkatan

signifikan dengan rata-rata *post-test* sebesar 57,80, sedangkan kelompok kontrol hanya mencapai rata-rata 56,66. Hal ini menunjukkan bahwa media *PhET* berhasil meningkatkan pemahaman konsep siswa. Peningkatan pemahaman konsep siswa pada materi termodinamika dapat diukur melalui nilai *n-Gain*. Hasil perhitungan nilai *n-Gain* untuk setiap kelompok disajikan pada Gambar 1.

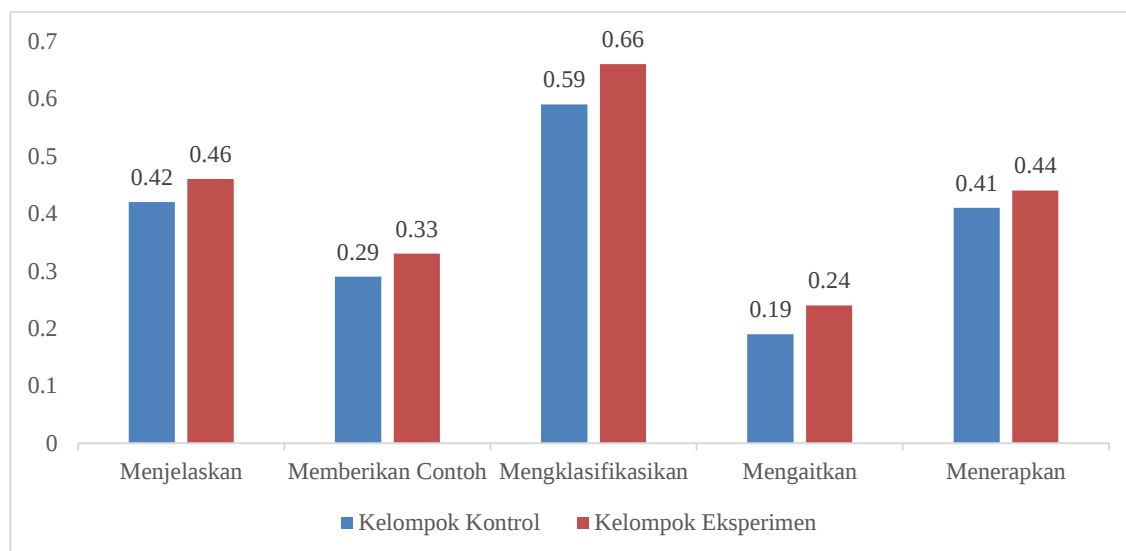
Gambar 1. Hasil *n-Gain* pemahaman konsep



Gambar 1 menunjukkan pada kelompok eksperimen, pemahaman konsep siswa mengalami peningkatan dengan nilai *n-Gain* sebesar 0,42, yang termasuk dalam kategori sedang. Sementara pada kelompok kontrol, pemahaman konsep siswa pada materi termodinamika hanya mengalami peningkatan *n-Gain* sebesar 0,38, yang termasuk dalam kategori sedang. Terlihat, peningkatan nilai *n-gain* kelompok eksperimen masih tetap lebih tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa media *PhET Interactive Simulations* berpengaruh terhadap pemahaman konsep siswa pada materi termodinamika secara keseluruhan. Selanjutnya perbandingan *n-Gain* tiap indikator dibandingkan. Nilai *n-Gain* kelompok eksperimen secara konsisten lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol pada

setiap indikator pemahaman konsep. *n-Gain* tertinggi pada kelompok eksperimen terlihat pada indikator mengklasifikasikan, dengan nilai *n-Gain* sebesar 0,66 yang termasuk dalam kategori sedang. *n-Gain* terendah pada kelompok eksperimen terlihat pada indikator mengaitkan sebesar 0,24 yang termasuk dalam kategori rendah. *n-Gain* tertinggi pada kelompok kontrol juga terlihat pada indikator mengklasifikasikan, dengan nilai *n-Gain* sebesar 0,59 yang termasuk dalam kategori sedang. *n-Gain* terendah pada kelompok kontrol juga terlihat pada indikator mengaitkan sebesar 0,19 yang termasuk dalam kategori rendah. Perbandingan *n-Gain* untuk setiap indikator pemahaman konsep antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol secara detail disajikan pada Gambar 2.

Gambar 2. Nilai *n-Gain* per indikator



Langkah selanjutnya adalah menguji normalitas. Uji normalitas dilakukan pada nilai *pre-test* dan *post-test* kedua kelompok. Uji normalitas yang diterapkan yaitu *Shapiro-Wilk*,

yang digunakan apabila ukuran sampel di bawah 50. Uji normalitas menggunakan perangkat lunak SPSS 26. Hasil uji normalitas disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji normalitas

<i>Shapiro-Wilk</i>	Kelompok Eksperimen		Kelompok Kontrol	
	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>
<i>df</i>	33	33	33	33
α	0,05	0,05	0,05	0,05
Sig	0,002	0,402	0,225	0,188
Kesimpulan	Tidak Normal	Normal	Normal	Normal

Tabel 4 menunjukkan hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk* pada data *pre-test* dan *post-test* untuk kedua kelompok dengan taraf signifikansi 0,05. Pada data *pre-test*, *p-value* kelompok eksperimen sebesar 0,002. Hasil ini menunjukkan bahwa data *pre-test* kelompok eksperimen tidak berdistribusi normal, sedangkan data *pre-test* *p-value* kelompok kontrol sebesar 0,225. Hasil ini menunjukkan bahwa data *pre-test* kelompok kontrol berdistribusi normal. Data *post-test*, *p-value* kelompok eksperimen sebesar 0,402 dan kelompok kontrol sebesar 0,188, hasil ini mengindikasikan bahwa data *post-test* dari kedua kelompok memenuhi asumsi normalitas.

Uji homogenitas data dilakukan terhadap nilai *pre-test* dan *post-test* kedua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Hasil uji homogenitas diukur dengan metode uji *Levene*. Metode ini cocok untuk data yang tidak berdistribusi normal dan umum digunakan dengan perangkat lunak SPSS 26. Hasil uji homogenitas disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji homogenitas

Uji Levene	Hasil	
	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>
α	0,05	0,05
Sig.	0,113	0,395
Kesimpulan	Homogen	Homogen

Tabel 5. menginformasikan hasil uji homogenitas dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$, menunjukkan bahwa nilai signifikansi (*based on mean*) pada data *pre-test* sebesar 0,113 dan pada *post-test* sebesar 0,395. Kedua nilai ini lebih besar dari batas signifikansi 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa varians data antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol terdistribusi secara homogen. Artinya, sebaran data atau tingkat keragaman nilai antar individu dan kemampuan pada kedua kelompok sama.

Hasil uji normalitas data *pre-test* mengindikasikan bahwa kelompok eksperimen tidak memenuhi asumsi normalitas, maka digunakan uji *Mann Whitney U* untuk melihat apakah terdapat perbedaan antara nilai *pre-test* pada kelompok eksperimen dan kelompok

kontrol. Sementara itu, hasil uji normalitas data *post-test* mengindikasikan bahwa kedua kelompok memenuhi asumsi normalitas, maka digunakan uji *Independent Samples T-Test* untuk

melihat perbedaan signifikan diantara kedua kelompok. Adapun hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji hipotesis

Uji Hipotesis	Hasil	
	<i>Mann Whitney U</i>	<i>Independent Samples T-Test</i>
α	0,05	0,05
Sig.	0,76	0,00
Kesimpulan	H_0 diterima	H_0 ditolak

Tabel 6. menunjukkan hasil uji *Mann Whitney U* sebesar 0,76 (Sig. > 0,05), yang berarti tidak terdapat perbedaan signifikan antara nilai rata-rata *pre-test* pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Sementara itu, Hasil uji *Independent Samples T-Test* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,00 (Sig. < 0,05), mengindikasikan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai rata-rata *post-test* pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Hasil ini mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh media *PhET Interactive Simulations* terhadap pemahaman konsep siswa pada materi termodinamika.

Hasil analisis menunjukkan terdapat pengaruh *PhET Interactive Simulations* terhadap pemahaman konsep siswa pada materi termodinamika. Hasil ini ditindaklanjuti dengan hasil uji *effect size* menggunakan *Cohen's d*, untuk mengetahui besarnya pengaruh perlakuan dalam penelitian (Khairunnisa, 2022). Hasil yang diperoleh adalah $r = 0,29$ (kategori sedang). Hasil ini menunjukkan bahwa pengaruh *PhET Interactive Simulations* terhadap pemahaman konsep siswa pada materi termodinamika terkategori sedang.

Hasil uji hipotesis statistik *post-test* menunjukkan bahwa hipotesis nol (H_0) ditolak, dapat disimpulkan terdapat perbedaan hasil akhir pemahaman konsep siswa antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Berdasarkan peningkatan nilai *n-gain* setiap indikator pemahaman konsep dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh *PhET Interactive Simulations* terhadap pemahaman konsep siswa pada materi termodinamika. Temuan ini menguatkan berbagai kajian yang menyatakan bahwa representasi visual dan interaktivitas pada simulasi digital dapat mempercepat proses internalisasi konsep serta meminimalkan miskonsepsi (Susilawati et al., 2022)

Hasil analisis menunjukkan bahwa setelah perlakuan, kelompok eksperimen menunjukkan rata-rata *post-test* tertinggi dibandingkan kelompok kontrol. Perbedaan ini kemudian dikonfirmasi secara statistik melalui uji *independent samples t-test*, yang menunjukkan perbedaan signifikan pada nilai *post-test*. Hasil ini disebabkan oleh penggunaan simulasi yang memungkinkan siswa melakukan eksplorasi mandiri terhadap berbagai fenomena termodinamika, mengamati perubahan variabel secara langsung, dan mendapatkan umpan balik yang cepat. Hasil ini sesuai dengan penelitian Wulandari (2023) yang menegaskan bahwa media interaktif meningkatkan fokus siswa dan mempermudah internalisasi konsep karena siswa dapat langsung melihat konsekuensi perubahan parameter dalam simulasi.

Setelah melihat perbedaan hasil *post-test*, peningkatan pemahaman konsep kemudian dianalisis melalui nilai *n-gain*. Hasilnya menunjukkan bahwa kelompok eksperimen mengalami peningkatan yang lebih baik dibandingkan dengan kelompok kontrol. Hasil ini mengindikasikan bahwa pengalaman belajar yang menekankan eksplorasi, manipulasi, dan observasi melalui simulasi *PhET Interactive Simulations* mampu mempercepat proses pembentukan konsep. Temuan ini mendukung penelitian Banda (2023) yang menyatakan bahwa simulasi digital meningkatkan kemampuan siswa menghubungkan fenomena fisika dengan ide ilmiah melalui pengalaman belajar yang bersifat langsung dan interaktif.

Hasil pemahaman konsep siswa pada setiap indikator menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Indikator yang menunjukkan peningkatan tertinggi adalah kemampuan mengklasifikasikan konsep. Hal ini terjadi karena simulasi memungkinkan

siswa mengamati fenomena secara berulang, membandingkan perubahan variabel, dan mengidentifikasi keteraturan yang muncul dari proses tersebut. Kegiatan eksploratif seperti ini mendukung kemampuan membedakan dan mengelompokkan konsep secara lebih efektif. Rizkiana (2020) menegaskan bahwa visualisasi dinamis dan interaksi langsung dengan fenomena fisika meningkatkan ketepatan siswa dalam mengklasifikasikan konsep berdasarkan ciri-cirinya.

Indikator kemampuan mengaitkan konsep menunjukkan peningkatan paling rendah. Indikator ini menuntut keterampilan integratif yang lebih kompleks karena siswa perlu menghubungkan konsep satu dengan konsep lainnya dan menafsirkan hubungan tersebut secara logis. Hal ini terjadi karena durasi pembelajaran yang terbatas dan kecenderungan siswa untuk fokus pada manipulasi simulasi tanpa analisis mendalam turut memengaruhi rendahnya peningkatan pada indikator tersebut. Penelitian oleh (Pranata, 2024) juga menemukan bahwa kemampuan mengaitkan konsep sangat dipengaruhi oleh kemandirian belajar dan kesempatan siswa untuk melakukan penelaahan lebih mendalam, yang tidak selalu tercapai dalam pembelajaran berbasis simulasi yang berlangsung pada waktu terbatas.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa keterbatasan seperti Keterbatasan kedalaman pengukuran indikator mengaitkan konsep: penelitian menunjukkan bahwa indikator mengaitkan konsep mengalami peningkatan paling rendah dibandingkan indikator lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa durasi pembelajaran dan jumlah pertemuan yang tersedia tidak memadai untuk mendukung perkembangan kemampuan integratif siswa (kemampuan yang memerlukan waktu lebih panjang dan latihan reflektif). Karena pembelajaran menggunakan *PhET Interactive Simulations* lebih berorientasi pada eksplorasi langsung, siswa cenderung fokus pada manipulasi variabel daripada melakukan analisis konseptual mendalam. Kondisi ini menimbulkan keterbatasan dalam mengukur perkembangan kemampuan mengaitkan konsep secara optimal.

Selain itu, keterbatasan kontrol terhadap variasi penggunaan simulasi oleh siswa: Walaupun pembelajaran telah diarahkan melalui instruksi dan LKPD, siswa tetap

memiliki tingkat kemandirian belajar yang berbeda-beda dalam memanfaatkan *PhET Interactive Simulations*. Siswa yang kurang mampu mengarahkan proses eksplorasinya cenderung fokus pada aktivitas manipulatif tanpa menafsirkan hubungan antarvariabel secara mendalam. Variasi tingkat kemandirian ini menyebabkan perbedaan kualitas eksplorasi, sehingga berdampak pada variasi hasil pemahaman konsep, terutama pada indikator yang membutuhkan analisis konseptual.

Terakhir, keterbatasan media yang bergantung pada ketersediaan dan literasi teknologi: Temuan penelitian menunjukkan bahwa efektivitas *PhET* sangat bergantung pada kelancaran perangkat digital, jaringan, dan kemampuan siswa mengoperasikan simulasi. Meskipun perangkat dalam penelitian berfungsi baik, kualitas teknologi tersebut tidak selalu dapat dipastikan stabil di lingkungan belajar lain. Selain itu, siswa dengan literasi teknologi yang lebih rendah memerlukan waktu lebih lama untuk beradaptasi dengan simulasi. Keterbatasan ini menunjukkan bahwa hasil penelitian mungkin tidak sepenuhnya mencerminkan efektivitas media pada lingkungan dengan kondisi teknologi yang beragam.

SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa terdapat pengaruh media *Phet Interactive Simulations* terhadap pemahaman konsep siswa pada materi termodinamika. Hal ini dibuktikan melalui uji *t-independent* ($\text{sig.} = 0,00 < 0,05$) yang mengindikasikan terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai *post-test* pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Hasil ini divalidasi dengan nilai *effect size* sebesar 0,29 (kategori sedang). Peningkatan pemahaman konsep siswa di kelompok eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Hal ini dibuktikan dengan hasil rata-rata nilai *n-Gain*, pada kelompok eksperimen pemahaman konsep siswa mengalami peningkatan dengan nilai *n-Gain* sebesar 0,42, yang termasuk dalam kategori sedang, sedangkan kelompok kontrol hanya mencapai 0,38 yang termasuk dalam kategori sedang. Terlihat, peningkatan nilai *n-gain* kelompok eksperimen masih tetap lebih tinggi dari kelompok kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, W. N., Novianti, R., Sukmawati, W., & Fikriyah, A. N. (2023). Student response conceptual change text (cct) as a media for learning energy concepts in elementary school students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(1), 417–421. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i1.2187>
- Anggraini, S. (2023). Learning concepts learning approach models in improving students' understanding of mathematical concepts. *EDUCTUM: Journal Research*, 2(5), 1–4. <https://doi.org/10.56495/ejr.v2i5.416>
- Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2023). 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*, 32(1), 127–141. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-10010-3>
- Bhakti, Y. B., Astuti, I. A. D., & Prasetya, R. (2022). Four-tier thermodynamics diagnostic test (4t-tdt) to identify student misconception. In *KnE Social Sciences* (pp. 106–116). <https://doi.org/10.18502/kss.v7i14.11958>
- Dianningrum, M. C., & Purwaningsih, E. (2023). Pengaruh group investigation dan inquiry based learning terhadap pemahaman konsep siswa SMA pada elastisitas dan hukum hooke. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 11(2), 77–83. <https://doi.org/10.21831/jpms.v11i2.49519>
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (2012). *How to design and evaluate research in education*. https://saochhengpheng.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/03/jack_fraenkel_norman_wallen_helen_hyun-how_to_design_and_evaluate_research_in_education_8th_edition_-mcgraw-hill_humanities_social_sciences_languages2011.pdf
- Kusumah, F. H. (2013). *Diagnosis Miskonsepsi Siswa Pada Materi Kalor Menggunakan Three-Tier Test*. Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu.
- Humairoh, S., Suryadi, A., Solehat, D., & Ihsanuddin, M. (2025). Pengembangan KIT Smart-System with Solar Panel and Sound Sensor Menggunakan Pendekatan STEM pada Materi Pengenalan Instrumen Digital. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 13(Special_issue), 115–132. https://doi.org/10.21831/jpms.v13iSpecial_issue.88718
- Suwarna, I. W. (2016). Pengembangan instrumen ujian komprehensif mahasiswa melalui computer based test pada program studi pendidikan fisika. Puslitpen UIN Jakarta. <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/39510>
- Sengkey, D. J., Sampoerno, P. D., & Aziz, T. A. (2023). Kemampuan pemahaman konsep matematis. *Journal of Mathematics Education and Application*, 3(1), 67. <https://doi.org/10.29303/griya.v3i1.265>
- Khairunnisa, K. (2022). Penggunaan effect size sebagai mediasi dalam koreksi efek suatu penelitian. *Jurnal Pendidikan Matematika Judika Edu*, 5(2), 138–151. <https://doi.org/10.31539/judika.v5i2.4802>
- Li, Z., Zhang, C., Zhang, C., Zhang, L., & Yang, J. (2024). The role of cognitive processes in problem solving. *Research and commentary on humanities and arts*, 2(2). <https://doi.org/10.18686/rcha.v2i2.4052>
- Liswar, F., Hidayati, A., Rayendra, R., & Yeni, F. (2023). Use of phet interactive simulation software in physics learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(SpecialIssue), 135–142. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9ispecialissue.5982>
- Novianti, N., Hertanti, E., & Farizi, T. A. (2019). Pengaruh Media Simulasi terhadap Keterampilan Berpikir Kritis pada Konsep Fluida Statis. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 5(2), 247–252. <https://doi.org/10.29303/jpft.v5i2.1168>
- Pangestuti, A., Amarulloh, R. R., & Farizi, T. A. (2025). Web-based Interactive Visual Media in Teaching Momentum and Impulse to Improve Students' Conceptual

- Understanding. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 14(1), 11–24. <https://doi.org/10.21831/jpms.v14i1.90237>.
- Pranata, O. D. (2024). Physics education technology (PhET) as a game-based learning tool: A quasi-experimental study. *Pedagogical Research*, 9(4), em0221. <https://doi.org/10.29333/pr/15154>.
- Putri, N. S., Resti Yektyastuti, & Yusuf Safari. (2024). Implementation of Physics Education Technology (Phet) Media on Student's Science Concept Understanding: A Literature Review. *Educational Researcher Journal*, 1(1), 10–18. <https://doi.org/10.71288/educationalresearcherjournal.v1i1.3>
- Rizkiana, F., & Apriani, H. (2020). Simulasi phet: pengaruhnya terhadap pemahaman konsep bentuk dan kepolaran molekul. *Quantum: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 11(1), 1. <https://doi.org/10.20527/quantum.v11i1.6412>.
- Sari, C. K., Anisa, Z. L., Sholiha, I., & Setiaji, B. (2022). Pengembangan Modul Fisika berbasis Numbered Team in Guided cMekanika Analitik untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Analisis Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 10(2), 81–87. <https://doi.org/10.21831/jpms.v10i2.42143>.
- Sari, P. (2017). Pemahaman Konsep Matematika Siswa Pada Materi Besar Sudut Melalui Pendekatan PMRI. II(1), 41–51.
- Sugiyono, P. D. (2023). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suharto, S. (2020). The ability to understand concepts: cognitive style, cognitive structure, learning styles and learning motivation. *Pendipa Journal of Science Education*, 5(1), 15–22. <https://doi.org/10.33369/pendipa.5.1.15-22>
- Susilawati, A., Yusrizal, Y., Halim, A., Syukri, M., Khaldun, I., & Susanna, S. (2022). Effect of using physics education technology (phet) simulation media to enhance students' motivation and problem-solving skills in learning physics. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(3), 1157–1167. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i3.1571>
- Susilowati, E., & Hidayat, M. (2020). Pengembangan indikator pemahaman konsep fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Aplikasinya*, 6(1), 1-10.
- Wulandari, D., Roza, D., Rangkuti, M. A., Tanjung, Y. I., & Ramadhani, I. (2023). The level understanding of thermodynamic concept for physics and chemistry undergraduate students. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 12(1), 1. <https://doi.org/10.24114/jpf.v12i1.42330>
- Yuliana, I., Artawan, P., & Heny, A. P. (2023). Profil miskonsepsi siswa pada materi suhu dan kalor. *NUSRA: Jurnal Penelitian Dan Ilmu Pendidikan*, 4(4), 1161–1166. <https://doi.org/10.55681/nusra.v4i4.1763>

PROFIL SINGKAT

Muhammad Ikhfas Tanzillal adalah mahasiswa program studi Pendidikan Fisika, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta tahun 2021. Penulis dapat dihubungi melalui email: makbulami03@gmail.com.

Erina Hertanti M.Si., adalah seorang dosen Pendidikan Fisika di Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah Jakarta. Penulis dapat dihubungi melalui email: erina.hertanti@uinjkt.ac.id.

Iwan Permana Suwarna M.Pd., adalah seorang dosen Pendidikan Fisika, di Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah Jakarta. Penulis dapat dihubungi melalui email: iwan.permana.suwarna@uinjkt.ac.id