Jurnal Pendidikan MIPA
Volume 16. Nomor 5, Tahun 2026 | ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v16i5.5223

Pengaruh Kurikulum Berbasis Cinta Menggunakan Media PhET Simulation terhadap Pemahaman Konsep Fisika Siswa SMA

Sri Handayani Parinduri[1),*], Azzahra Amanda[1)]

[1)]Universitas Islam Negeri Syekh Ali Hasan Ahmad Addary Padangsidimpuan

*Corresponding Author: srihandayaniparinduri@uinsyahada.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh Kurikulum Berbasis Cinta (KBC) menggunakan media PhET Simulation terhadap pemahaman konsep fisika siswa. Penelitian kuantitatif ini menggunakan metode kuasi-eksperimen dengan desain dua kelompok pretes–postes. Sebanyak 72 siswa kelas X SMA Negeri 1 Padangsidimpuan terlibat, terdiri atas 36 siswa kelas eksperimen dan 36 siswa kelas kontrol. Kelompok eksperimen mengikuti pembelajaran KBC berbantuan simulasi PhET, sedangkan kelompok kontrol mengikuti pembelajaran konvensional. Data dikumpulkan melalui tes pemahaman konsep, observasi selama pembelajaran fisika, dan wawancara sebagai studi pendahluan, tes pemahaman konsep dianalisis menggunakan uji-t dan N-Gain. Rata-rata pretes kedua kelompok relatif setara, yaitu 58,19 dan 57,99. Setelah pembelajaran, rata-rata postes kelompok eksperimen sebesar 84,58, lebih tinggi daripada kelompok kontrol sebesar 70,42. Perbedaan postes signifikan ($t(70) = 9{,}61$; $p < 0{,}001$). Nilai N-Gain kelompok eksperimen sebesar 0,64 (sedang), sedangkan kelompok kontrol 0,29 (rendah). Temuan ini mendukung penggunaan pembelajaran KBC berbantuan PhET sebagai alternatif untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika.

Kata Kunci: Kurikulum Berbasis Cinta; PhET Simulation; Pemahaman Konsep; Fisika

This is an open access article under the CC - BY license.

PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika idealnya membantu siswa membangun pemahaman konseptual melalui pengamatan fenomena, interpretasi representasi, penyusunan penjelasan ilmiah, dan pengujian hubungan antarvariabel. Dalam praktiknya, pemahaman konsep kerap terhambat ketika pembelajaran didominasi hafalan rumus dan penyampaian abstrak tanpa kesempatan eksplorasi. Kajian terkait pembelajaran fisika dan penggunaan simulasi interaktif menunjukkan pentingnya media yang dapat mempertemukan fenomena visual dengan penjelasan konseptual (Astalini et al., 2019; Arifin et al., 2022; Yanuike et al., 2017).

Persoalan pemahaman konsep tidak dapat disamakan dengan rendahnya kemampuan menghitung. Seorang siswa mungkin mampu memasukkan angka ke dalam persamaan energi kinetik, tetapi belum tentu dapat menjelaskan mengapa kecepatan memberikan dampak kuadratik pada besar energi. Demikian pula, penggunaan rumus energi potensial tidak selalu menunjukkan pemahaman mengenai hubungan antara ketinggian, massa, dan acuan pengukuran. Situasi tersebut mengisyaratkan perlunya pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk berpindah dari representasi verbal menuju visual, matematis, dan fenomenologis. Penekanan pada tujuh proses memahami—menafsirkan, memberikan contoh, mengelompokkan, meringkas, menyimpulkan, membandingkan, dan menjelaskan—relevan untuk menilai apakah siswa telah membangun struktur pengetahuan yang melampaui ingatan atas definisi (Anderson & Krathwohl, 2001).

Materi energi merupakan konteks yang sesuai untuk mengkaji persoalan tersebut karena dekat dengan pengalaman sehari-hari tetapi mempunyai sejumlah hubungan yang tidak selalu mudah diamati langsung. Gerakan benda menuruni lintasan, perpindahan dari posisi tinggi ke rendah, ataupun perubahan laju menghadirkan kesempatan untuk menguji hubungan antarkonsep. Tanpa pengalaman eksperimental yang cukup, pembelajaran berisiko menyajikan energi potensial dan energi kinetik sebagai dua rumus terpisah. Karena itu, rancangan yang memadukan prediksi, manipulasi kondisi, pengamatan akibat, dan penjelasan ulang perlu ditempatkan sebagai bagian penting dari pembelajaran. Dalam penelitian ini, integrasi pendekatan KBC dengan

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v16i5.5223

simulasi PhET dipahami sebagai upaya menyediakan kondisi pedagogis dan sarana visualisasi untuk mendukung proses tersebut.

Keterbatasan sarana praktikum semakin memperkuat kebutuhan akan media pembelajaran alternatif. PhET Simulation menyediakan lingkungan percobaan virtual yang memungkinkan siswa mengubah parameter, mengamati keluaran, dan meninjau ulang fenomena fisika secara berulang. Penggunaan PhET dilaporkan relevan bagi aktivitas belajar dan pencapaian hasil belajar, termasuk dalam konteks pembelajaran fisika (Nefrita, 2019; Fitria et al., 2023; Fitriyati & Prastowo, 2022; Oktavia, 2016). Meskipun demikian, ketersediaan simulasi tidak otomatis menjamin dialog reflektif atau partisipasi yang inklusif; rancangan pedagogis guru tetap menentukan kualitas interaksi siswa dengan media (Wieman et al., 2010; Atmoko & Wasis, 2015).

Pembelajaran menggunakan simulasi tidak cukup berhenti pada pemindahan aktivitas praktikum dari alat fisik ke layar. Keunggulan media interaktif baru dapat dimanfaatkan apabila guru mengarahkan siswa untuk menyusun pertanyaan, memperkirakan hasil sebelum variabel diubah, serta menghubungkan tampilan simulasi dengan penjelasan ilmiah. Dalam pembelajaran energi, misalnya, perubahan massa atau ketinggian dapat dipakai sebagai pemicu diskusi mengenai besaran yang berubah dan besaran yang relatif tetap. Pengalaman semacam ini menyediakan umpan balik cepat sehingga ketidaksesuaian antara dugaan awal dan hasil pengamatan dapat ditelaah. Namun, pengamatan visual tetap memerlukan bimbingan konseptual agar siswa tidak menarik kesimpulan berdasarkan tampilan animasi semata. Media PhET karena itu lebih tepat diposisikan sebagai lingkungan eksplorasi yang melengkapi interaksi guru dan siswa, bukan sebagai pengganti keseluruhan pengalaman laboratorium (Wieman et al., 2010).

Kurikulum Berbasis Cinta (KBC) memberikan orientasi pedagogis yang menekankan cinta terhadap ilmu, penghargaan kepada diri dan sesama, tanggung jawab terhadap lingkungan, serta nilai spiritual dan kebangsaan (Kementerian Agama RI, 2025). Pendekatan ini memiliki kedekatan konseptual dengan pendidikan humanistik yang menempatkan pengalaman, rasa aman, dan kebermaknaan proses belajar sebagai perhatian utama. Penggunaan KBC juga bisa digunakan dengan mengambil satu tema kurikulum berbasis cinta misalnya cinta diri dan sesama manusia yang terlihat dari pembagian kelompok dalam pembelajaran. Kajian filsafat pendidikan mengenai KBC telah menguraikan landasan nilai dan orientasi pembelajarannya (Shabrina et al., 2025), sementara kajian lainnya menyoroti integrasi penguatan karakter dan spiritualitas (Syaripudin et al., 2025).

Dalam kerangka KBC, nilai cinta terhadap ilmu dapat ditafsirkan sebagai kesediaan bertanya, memeriksa bukti, dan memperbaiki pemahaman ketika menemukan informasi baru. Cinta terhadap diri dan sesama tercermin dalam kesempatan yang setara untuk mengoperasikan simulasi, mengemukakan pendapat, serta menerima koreksi tanpa dipermalukan. Cinta terhadap lingkungan dapat dihubungkan dengan penggunaan energi secara bertanggung jawab, sementara kecintaan terhadap tanah air dapat diwujudkan melalui pembahasan sumber energi dan persoalan pemanfaatannya di Indonesia. Dengan demikian, integrasi nilai tidak perlu menjadi sisipan normatif di luar materi, melainkan dapat melekat pada cara siswa melakukan kegiatan ilmiah, mengambil keputusan, dan bekerja sama. Hubungan antara orientasi humanistik dan penguasaan konsep tetap perlu diuji secara empiris; keduanya tidak dapat diasumsikan selalu bergerak searah (Kementerian Agama RI, 2025; Shabrina et al., 2025).

Integrasi KBC dengan PhET pada pembelajaran energi diduga mempertemukan dua dimensi yang saling melengkapi: suasana kelas yang menerima kesalahan sebagai bagian dari belajar dan kesempatan eksplorasi ilmiah melalui simulasi. Siswa dapat menafsirkan perubahan energi potensial dan kinetik, memvariasikan massa, ketinggian, dan kecepatan, serta membangun hubungan antara representasi visual dan penjelasan ilmiah. Indikator pemahaman konsep dalam penelitian ini meliputi menafsirkan, memberi contoh, mengklasifikasikan, merangkum, menyimpulkan, membandingkan, dan menjelaskan (Anderson & Krathwohl, 2001).

Secara konseptual, rancangan pembelajaran dalam penelitian ini memiliki dua dimensi yang saling terkait. Dimensi pertama adalah lingkungan sosial-emosional yang mendukung keberanian mencoba, bertanya, dan mendiskusikan kesalahan. Dimensi kedua adalah dukungan representasional melalui simulasi interaktif yang menampilkan hubungan antarvariabel fisika. Lingkungan belajar yang suportif berpotensi membuat aktivitas eksplorasi lebih mudah dijalankan, sedangkan simulasi menyediakan objek yang dapat diamati dan diperdebatkan bersama. Hubungan tersebut merupakan penalaran pedagogis untuk menjelaskan mengapa paket perlakuan mungkin bermanfaat, bukan bukti bahwa masing-masing dimensi memiliki kontribusi terpisah.

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v16i5.5223

Penelitian dengan dua kelompok yang membandingkan satu paket perlakuan terhadap pembelajaran biasa hanya memungkinkan evaluasi perbedaan hasil antarpaket pembelajaran.

Penelitian terdahulu umumnya menelaah KBC dari perspektif konseptual atau menilai manfaat simulasi PhET sebagai media pembelajaran secara terpisah (Fitria et al., 2023; Shabrina et al., 2025). Celah yang diangkat dalam penelitian ini adalah pengujian empiris paket pembelajaran KBC berbantuan PhET terhadap pemahaman konsep fisika, khususnya pada materi energi di kelas X SMA. Kebaruan yang diajukan bersifat kontekstual dan integratif, bukan pengembangan teknologi simulasi baru. Penelitian ini bertujuan membandingkan pemahaman konsep fisika dan peningkatan skor siswa yang mengikuti pembelajaran KBC berbantuan PhET dengan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional.

Kebutuhan penelitian juga muncul dari perbedaan antara kajian yang menekankan nilai filosofis KBC dan kajian yang membahas media PhET sebagai inovasi teknologi. Selain itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh kurikulum berbasis cinta menggunakan media PhET terhadap pemahaman konsep fisika siswa. Melalui pembelajaran yang humanis dengan media PhET maka terciptalah pembelajaran yang menyenangkan sehingga siswa lebih mudah memahami konsep fisika yang awalnya dianggap sulit. Pemahaman konsep fisika siswa akan lebih baik setelah adanya KBC menggunakan media PhET.

Hasil penelitian terdahulu mengenai PhET memberi alasan untuk menduga adanya manfaat teknologi simulasi terhadap aktivitas dan hasil belajar, tetapi tidak dapat langsung dijadikan bukti bahwa KBC meningkatkan pemahaman konseptual. Penelitian Fitria et al. (2023), misalnya, ditempatkan sebagai konteks mengenai penggunaan simulasi dalam pembelajaran, bukan dasar untuk mengklaim kesamaan desain dan besar pengaruh. Sementara itu, pembahasan KBC yang diuraikan Shabrina et al. (2025) menegaskan pentingnya orientasi nilai, namun relevansi nilai tersebut dengan skor tes fisika tetap memerlukan pengujian tersendiri. Pembedaan ini penting agar argumen pendahuluan tidak mengaburkan jenis bukti konseptual dan bukti kuantitatif. Bertolak dari kebutuhan tersebut, penelitian bertujuan membandingkan pemahaman konsep fisika siswa yang mengikuti KBC berbantuan PhET dengan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional, sekaligus menilai perbedaan tingkat peningkatannya.

METODE

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimen two-group pretest–posttest. Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 1 Padangsidimpuan pada Juli–Agustus 2026, melibatkan dua kelas X yang dalam laporan penelitian dipilih dengan cluster random sampling. Kelas X-2 ditetapkan sebagai kelompok eksperimen (n = 36) dan kelas X-3 sebagai kontrol (n = 36). Pemilihan kelas diacak dari keseluruhan populasi yaitu kelas X yang terdiri dari 4 kelas.

Desain dua kelompok dengan pengukuran sebelum dan sesudah perlakuan dipilih untuk memperoleh gambaran kemampuan awal dan perubahan capaian yang menyertai proses pembelajaran. Kelas merupakan satuan yang digunakan dalam pemilihan sampel, sebagaimana dinyatakan dalam laporan penelitian. Oleh sebab itu, interpretasi hasil perlu memperhatikan bahwa peserta didik berada dalam kelas yang telah terbentuk, bukan ditempatkan secara acak sebagai individu pada kondisi perlakuan. Pemanfaatan pretes penting untuk menilai kedekatan capaian sebelum intervensi, tetapi kesamaan rerata awal tidak dengan sendirinya meniadakan semua kemungkinan perbedaan karakteristik antara kelas. Temuan tetap ditempatkan dalam ruang lingkup kuasi-eksperimen pada satu sekolah, satu jenjang, dan satu materi pembelajaran.

Kelompok eksperimen dan kontrol menjalani tiga pertemuan, masing-masing 90 menit, pada kelompok eksperimen dengan pembelajaran materi energi melalui integrasi nilai-nilai KBC dan eksplorasi PhET Simulation sedangkan pada kelompok kontrol menggunakan pembelajaran konvensional. Aktivitas meliputi pembentukan sembilan kelompok yang masing-masing beranggotakan empat siswa, diskusi, praktik simulasi, pengamatan, dan penarikan kesimpulan. Kelompok kontrol menjalani pembelajaran konvensional. Variabel hasil adalah pemahaman konsep energi potensial, kinetik, dan transformasinya.

Pada kelas eksperimen, kegiatan belajar dirancang dalam kelompok kecil yang menurut laporan berjumlah sembilan kelompok, masing-masing terdiri dari empat peserta didik. Susunan tersebut memberi ruang bagi pembagian peran dalam kegiatan eksplorasi virtual, pencatatan hasil, dan diskusi interpretasi konsep. Pembelajaran diarahkan untuk menghubungkan nilai-nilai KBC dengan aktivitas memahami energi, bukan sekadar mengucapkan nilai sebagai slogan. Guru diharapkan mengelola aktivitas agar siswa dapat

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v16i5.5223

mengungkapkan dugaan, mempertanyakan data, serta menerima tanggapan yang tidak merendahkan. Deskripsi ini mengikuti rancangan pelaksanaan dalam laporan, sedangkan derajat keterlaksanaan masing-masing unsur tidak dapat dikuantifikasi tanpa skor observasi terisi yang dilaporkan secara lengkap.

Pengumpulan data meliputi observasi, wawancara guru, serta tes pemahaman konsep sebelum dan setelah perlakuan. Tes terdiri atas 20 soal pilihan ganda dengan lima opsi; setiap jawaban benar diberi skor lima dan jawaban salah nol. Indikator mencakup interpretasi, pemberian contoh, klasifikasi, peringkasan, inferensi, perbandingan, dan penjelasan. Laporan mencantumkan rencana validasi ahli untuk perangkat penelitian; informasi koefisien reliabilitas dan analisis butir secara terperinci tidak ditampilkan, sehingga mutu pengukuran belum dapat dinilai secara menyeluruh.

Instrumen pemahaman konsep menempatkan jawaban benar sebagai indikator capaian pada pengukuran pretes dan postes. Karena tes menggunakan 20 butir dengan bobot lima poin per jawaban benar, skor total dinyatakan pada rentang 0–100. Keuntungan bentuk ini ialah kemudahan pembandingan antarwaktu dan antarkelompok. Namun, skor pilihan ganda tidak selalu dapat mengungkap alasan konseptual siswa secara mendalam, khususnya apabila siswa menggunakan strategi menebak atau menghafal pola jawaban. Oleh karena itu, hasil tes lebih tepat dibaca sebagai indikator performa pada instrumen yang digunakan, bukan pengukuran komprehensif seluruh aspek penalaran fisika. Laporan memuat kerangka validasi dan indikator instrumen, tetapi pelaporan sifat psikometrik setiap butir tetap penting untuk memperkuat kepercayaan terhadap interpretasi skor.

Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif, pengujian normalitas dan homogenitas, uji perbedaan rerata, serta N-Gain sebagaimana dilaporkan dalam dokumen penelitian. Perbandingan hasil postes dilakukan dengan independent-samples t-test pada taraf signifikansi 5%. N-Gain dikategorikan rendah untuk $g < 0{,}3$, sedang untuk $0{,}3 \le g \le 0{,}7$, dan tinggi untuk $g > 0{,}7$. Angka-angka pada artikel disalin dari tabel hasil laporan antara; data individual tidak tersedia untuk audit ulang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan kemampuan awal menunjukkan bahwa rerata pretes kedua kelas berdekatan. Kelompok eksperimen mencatat 58,19 (simpangan baku 7,85) sedangkan kelompok kontrol 57,99 (simpangan baku 7,60). Selisih awal hanya 0,20 poin; laporan juga menyatakan bahwa perbedaan pretes tidak signifikan. Kemiripan skor awal mendukung keterbandingan deskriptif, meskipun tidak meniadakan kemungkinan perbedaan tidak terukur antar kelas.

Tabel 1. Ringkasan statistik skor pemahaman konsep fisika

Kelompok	n	Pretes (rerata ± SD)	Postes (rerata ± SD)	Kenaikan poin
Eksperimen	36	58,19 ± 7,85	84,58 ± 6,36	26,39
Kontrol	36	57,99 ± 7,60	70,42 ± 6,13	12,43

Setelah perlakuan, skor postes eksperimen mencapai 84,58, sedangkan kontrol 70,42 (Tabel 1). Keunggulan skor postes eksperimen sebesar 14,16 poin. Selisih kenaikan skor rerata kedua kelompok juga cukup besar, yakni 13,96 poin. Secara substantif, peningkatan tersebut konsisten dengan dugaan bahwa kombinasi dukungan pedagogis KBC dan visualisasi interaktif PhET membantu siswa menautkan observasi fenomena dengan pemahaman konsep. Akan tetapi, karena intervensi merupakan paket gabungan, data tidak dapat menentukan seberapa besar kontribusi KBC sendiri dibanding media simulasi sendiri.

Jika selisih skor sebelum dan sesudah pembelajaran dihitung dari rerata yang dilaporkan, kelompok eksperimen menunjukkan kenaikan sebesar 26,39 poin, sedangkan kelompok kontrol meningkat sebesar 12,43 poin. Selisih kenaikan kedua kelompok mencapai 13,96 poin. Perhitungan turunan ini memberi informasi tambahan karena memperlihatkan bahwa kedua kelompok sama-sama mengalami peningkatan, tetapi besaran peningkatan kelompok eksperimen lebih besar. Dengan demikian, argumen penelitian tidak seharusnya menyatakan bahwa pembelajaran konvensional sama sekali tidak membantu siswa memahami konsep fisika. Bukti yang lebih tepat adalah bahwa dalam kondisi dan durasi intervensi yang diteliti, paket KBC berbantuan PhET berkaitan dengan perkembangan skor yang lebih tinggi daripada pendekatan pembanding.

Pengujian perbedaan rerata postes pada laporan menghasilkan $t(70) = 9{,}61$ dan signifikansi tercetak 0,000. Mengikuti kaidah pelaporan statistik, nilai tersebut dituliskan $p < 0{,}001$, bukan $p = 0$. Hasil ini menunjukkan

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v16i5.5223

bahwa skor postes kedua kelompok berbeda secara statistik. Nilai t dan perbedaan rerata memberikan bukti kesesuaian arah hasil dengan hipotesis penelitian; namun estimasi dampak akan lebih kuat apabila disertai interval kepercayaan dan ukuran efek yang diturunkan dari data mentah.

Signifikansi statistik menunjukkan bahwa perbedaan skor postes yang diamati sulit dijelaskan oleh variasi pengambilan sampel semata berdasarkan asumsi pengujian yang digunakan. Akan tetapi, nilai p tidak menunjukkan besarnya manfaat pendidikan, ketahanan capaian setelah beberapa bulan, maupun besarnya kontribusi khusus dari KBC dan PhET. Dalam konteks ini, besaran perbedaan rerata dan N-Gain melengkapi pengujian hipotesis sehingga pembahasan memiliki makna pendidikan yang lebih jelas. Selain itu, adanya peserta didik yang berkelompok pada dua kelas menuntut kehati-hatian terhadap asumsi independensi hasil pengamatan, terutama jika temuan hendak digeneralisasikan di luar kedua kelas tersebut. Nilai p = 0,000 sebagaimana tercetak dalam perangkat lunak dilaporkan sebagai $p < 0,001$, bukan peluang yang benar-benar sama dengan nol.

Selain skor akhir, analisis N-Gain menunjukkan perbedaan derajat peningkatan antar kelompok. Distribusi N-Gain eksperimen berada pada rentang 0,50–0,83 dan kontrol 0,22–0,38. Rerata eksperimen sebesar 0,64 termasuk kategori sedang, sedangkan kontrol 0,29 termasuk kategori rendah. Dengan demikian, berdasarkan kriteria kategorisasi yang digunakan peneliti, kelompok eksperimen menunjukkan peningkatan pemahaman konsep yang lebih kuat.

Nilai N-Gain menghitung proporsi peningkatan aktual relatif terhadap peluang peningkatan maksimum yang masih tersedia dari skor awal. Karena itu, indikator ini memberikan sudut pandang berbeda dari kenaikan skor mentah: dua siswa dengan skor awal berbeda mungkin memperoleh kenaikan yang sama tetapi menghasilkan N-Gain berbeda. Dalam laporan, rata-rata N-Gain kelompok eksperimen termasuk kategori sedang, sedangkan kontrol berada pada kategori rendah berdasarkan batas klasifikasi yang digunakan. Klasifikasi tersebut sebaiknya dipandang sebagai perangkat interpretasi praktis, bukan batas mutlak yang memisahkan keberhasilan dan kegagalan. Lebih jauh, rata-rata N-Gain yang ditampilkan merupakan ringkasan hasil analisis laporan, sehingga pembahasan artikel tidak perlu mengklaim tersedianya pengujian inferensial khusus terhadap perbedaan N-Gain jika keluaran pengujian tersebut tidak dilampirkan.

Tabel 2. Perbandingan N-Gain pemahaman konsep

Kelompok	n	Minimum	Maksimum	Rerata	Kategori
Eksperimen	36	0,50	0,83	0,64	Sedang
Kontrol	36	0,22	0,38	0,29	Rendah

Temuan tersebut sejalan dengan hasil studi yang menyoroti penggunaan simulasi PhET untuk meningkatkan aktivitas dan hasil belajar (Fitria et al., 2023; Nefrita, 2019). Pembelajaran dengan media digital juga memerlukan kesiapan strategi komunikasi guru (Batubara, 2021). Pada sisi teknologi, PhET memungkinkan siswa bereksperimen dengan variabel yang sulit dibayangkan melalui penjelasan verbal saja. Perubahan ketinggian atau kecepatan dalam simulasi menghadirkan representasi dinamis yang dapat diamati berulang kali. Mekanisme ini secara konseptual dapat mendukung keterampilan interpretasi grafik, pemahaman hubungan sebab-akibat, dan koreksi miskonsepsi yang sering muncul pada materi energi (Yanuike et al., 2017; Saputra et al., 2024).

Penafsiran pedagogis terhadap temuan tersebut dapat ditarik melalui aktivitas yang dimungkinkan oleh simulasi. Siswa dapat melihat perubahan pada representasi energi ketika variabel yang relevan diubah dan membandingkan hasilnya dengan perkiraan sebelumnya. Kegiatan ini berpotensi memunculkan konflik kognitif yang produktif: ketika hasil tidak sesuai dugaan, siswa memperoleh alasan untuk meninjau kembali hubungan antarbesaran. Namun, kesempatan seperti itu tidak serta-merta menjamin pembentukan konsep; kualitas pertanyaan, arahan guru, dan pembahasan hasil tetap menentukan apakah eksplorasi menghasilkan pengetahuan yang dapat dipertanggungjawabkan. Oleh karena itu, peningkatan skor dalam penelitian lebih tepat dipahami sebagai hasil dari keseluruhan pengalaman pembelajaran, bukan akibat mekanis dari penggunaan aplikasi semata.

Temuan juga dapat dilihat melalui prinsip penggunaan berbagai representasi dalam pembelajaran sains. Konsep energi dapat dijelaskan melalui kalimat, diagram, besaran matematis, maupun perubahan gerak yang divisualisasikan pada layar. Ketika siswa memperoleh kesempatan mengaitkan beberapa bentuk representasi

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v16i5.5223

tersebut, pemahaman dapat menjadi lebih fleksibel dibandingkan ketika mereka hanya berhadapan dengan notasi simbolik. Meski demikian, data yang tersedia tidak melaporkan skor terpisah untuk setiap jenis representasi, sehingga peningkatan kemampuan translasi antarreprensentasi masih merupakan penjelasan yang masuk akal secara teoretis, bukan temuan spesifik yang telah diuji. Pembedaan antara mekanisme yang diduga dan hasil yang diukur menjaga agar pembahasan tetap berpijak pada bukti penelitian.

Meskipun demikian, hasil penelitian tidak cukup untuk menyimpulkan bahwa setiap indikator pemahaman konsep meningkat dalam besaran yang sama. Laporan hanya menyajikan skor gabungan tes dan tidak menyediakan rerata serta statistik inferensial untuk tujuh indikator secara terpisah. Dengan demikian, klaim mengenai peningkatan khusus pada interpretasi, klasifikasi, atau penjelasan harus ditempatkan sebagai potensi mekanisme pembelajaran, bukan sebagai temuan empiris yang telah diukur dan dilaporkan secara terpisah.

Dalam evaluasi pembelajaran, tujuh indikator pemahaman konsep membuka peluang analisis diagnostik yang lebih kaya. Kemampuan menafsirkan dapat diuji melalui pembacaan gambar atau grafik, memberikan contoh melalui identifikasi fenomena sehari-hari, dan membandingkan melalui pengujian dua kondisi benda. Kemampuan menyimpulkan serta menjelaskan menuntut hubungan yang lebih eksplisit antara bukti pengamatan dan alasan konseptual. Karena artikel ini memakai data agregat, tidak dapat ditentukan indikator mana yang memperoleh peningkatan terbesar. Penelitian lanjutan dapat menyajikan hasil per indikator agar rekomendasi pembelajaran lebih spesifik, misalnya membedakan kebutuhan penguatan penafsiran representasi visual dan kebutuhan penguatan argumen sebab-akibat.

Dari perspektif pedagogis, pembelajaran KBC menambahkan dimensi afektif dan sosial pada pembelajaran fisika. Nilai cinta ilmu dapat diterjemahkan menjadi rasa ingin tahu dan ketekunan mengevaluasi prediksi; cinta diri dan sesama dapat diwujudkan melalui diskusi tanpa mempermalukan jawaban yang kurang tepat; cinta lingkungan menghubungkan pengetahuan energi dengan penggunaan sumber daya secara bertanggung jawab. Orientasi ini sejalan dengan kajian mengenai KBC sebagai dasar pengalaman pendidikan yang menghargai kesejahteraan dan kebermaknaan belajar (Shabrina et al., 2025; Syaripudin et al., 2025). Dalam penelitian ini, dimensi tersebut dirancang ke dalam pembelajaran, tetapi belum tersedia pelaporan hasil observasi kuantitatif untuk memastikan tingkat keterlaksanaannya.

Panca Cinta yang diuraikan dalam instrumen observasi mencakup kecintaan kepada Allah dan Rasul-Nya, ilmu, lingkungan, diri dan sesama, serta tanah air. Dalam konteks eksperimen virtual, kelima dimensi tersebut dapat diterjemahkan menjadi praktik pembelajaran yang dapat diamati: penghargaan terhadap keteraturan fenomena alam, kejujuran dalam pencatatan data, perhatian terhadap efisiensi energi, kesediaan berbagi peran, dan pemahaman mengenai sumber energi nasional. Penerjemahan nilai ke perilaku menjadi penting karena penggunaan label KBC tidak dengan sendirinya membuktikan bahwa nilai telah muncul dalam interaksi kelas. Instrumen observasi yang terdapat dalam laporan sudah menyediakan indikator operasional, namun hasil skor keterlaksanaan belum dibahas secara cukup terperinci. Oleh sebab itu, artikel ini tidak membuat pernyataan kuantitatif bahwa seluruh dimensi Panca Cinta telah tercapai.

Hubungan antara sikap yang menghargai kesalahan dan kegiatan berpikir ilmiah juga penting diperhatikan. Ketika jawaban keliru disikapi sebagai peluang memperbaiki penjelasan, siswa dapat lebih leluasa menyampaikan dugaan awal yang belum matang. Dugaan tersebut merupakan bahan berharga dalam pembelajaran fisika karena memungkinkan guru melihat letak perbedaan antara intuisi keseharian dan penjelasan ilmiah. Dalam pembelajaran kelompok, penghormatan terhadap gagasan orang lain dapat membantu siswa membandingkan alternatif penjelasan tanpa mengubah diskusi menjadi penilaian pribadi. Walaupun alur ini konsisten dengan tujuan KBC, penelitian tidak mengukur rasa aman psikologis ataupun kualitas diskusi menggunakan skor terpisah. Maka, penjelasan ini diajukan sebagai mekanisme yang mungkin membantu, bukan sebagai hubungan kausal tambahan yang sudah terbukti.

Hasil penelitian juga mempunyai arti praktis bagi sekolah yang fasilitas eksperimen fisiknya terbatas. Simulasi interaktif dapat digunakan sebagai alternatif atau pelengkap laboratorium untuk memperagakan fenomena tertentu secara aman dan berulang. Akan tetapi, praktik virtual sebaiknya tidak dipandang sebagai pengganti menyeluruh pengalaman menggunakan alat ukur dan memahami ketidakpastian eksperimen nyata. Integrasi simulasi dengan diskusi, demonstrasi sederhana, dan pengamatan lingkungan fisik akan lebih menjaga keseimbangan antara pemahaman konseptual dan keterampilan eksperimen.

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v16i5.5223

Bagi sekolah yang mempunyai keterbatasan alat dan bahan praktikum, simulasi dapat mengurangi hambatan akses terhadap visualisasi konsep tertentu. Siswa tidak perlu menunggu ketersediaan perangkat eksperimental fisik untuk melakukan percobaan awal tentang pengaruh variabel dalam suatu model. Namun, pengalaman virtual dan praktikum fisik tidak sepenuhnya dapat dipertukarkan. Praktikum nyata memberi kesempatan untuk berhadapan dengan kesalahan pengukuran, sifat alat, kondisi lingkungan, dan keterampilan prosedural yang tidak selalu muncul dalam simulasi. Karena itu, strategi yang lebih seimbang adalah memanfaatkan simulasi sebagai kegiatan persiapan, pengayaan, atau pendamping praktikum langsung sesuai ketersediaan sarana dan tujuan kompetensi. Rekomendasi ini lebih sesuai dengan kekuatan dan keterbatasan media daripada menyatakan bahwa laboratorium fisik tidak lagi diperlukan.

Implementasi yang berkelanjutan juga menuntut kesiapan guru, perangkat, dan bahan ajar. Media yang tersedia secara gratis belum tentu otomatis mudah diterapkan apabila akses komputer, koneksi, keterampilan digital, atau pengaturan waktu pembelajaran terbatas. Guru perlu menentukan simulasi yang cocok dengan indikator pembelajaran, menyiapkan lembar aktivitas yang memandu pengamatan, dan membangun prosedur diskusi agar siswa tidak hanya mencoba fitur secara acak. Selain itu, kesempatan penggunaan perangkat perlu diatur supaya keaktifan tidak terkonsentrasi pada satu anggota kelompok. Jika prinsip-prinsip tersebut diterapkan, orientasi nilai KBC dapat menjadi pedoman pengorganisasian kelas sekaligus menjaga agar eksplorasi teknologi tetap terarah pada tujuan konsep fisika.

Beberapa batasan metodologis perlu dipertimbangkan. Pertama, sampel berasal dari dua kelas di satu sekolah sehingga generalisasi hasil masih terbatas. Kedua, perlakuan berlangsung tiga pertemuan sehingga ketahanan pemahaman dalam jangka panjang belum diketahui. Ketiga, desain dua kelompok tanpa pemisahan faktor tidak memungkinkan penentuan efek KBC dan PhET secara independen. Keempat, laporan tidak menyajikan data mentah, reliabilitas tes, maupun hasil lengkap observasi dan wawancara. Kelima, penggunaan uji-t postes meskipun rerata awal berdekatan masih dapat diperkuat dengan analisis yang menyesuaikan skor pretes, misalnya ANCOVA apabila asumsi terpenuhi.

Durasi perlakuan yang hanya mencakup tiga kali pertemuan membatasi pengetahuan tentang stabilitas hasil belajar. Peningkatan yang diukur segera setelah kegiatan berlangsung tidak dapat diperlakukan sebagai bukti bahwa pemahaman tetap bertahan dalam jangka panjang. Penelitian berikutnya dapat menambahkan tes tunda untuk menilai retensi dan tugas transfer konsep ke fenomena energi yang berbeda. Penggunaan lebih dari satu sekolah serta replikasi pada materi fisika lain juga diperlukan untuk mengetahui konsistensi temuan. Apabila penelitian hendak memisahkan manfaat KBC dan PhET, desain faktorial dengan kelompok pembanding yang relevan akan lebih sesuai daripada hanya membandingkan paket gabungan terhadap pembelajaran konvensional.

Hal lain yang perlu dipertimbangkan ialah potensi kesenjangan antara tujuan penelitian dan informasi yang terekam dalam instrumen. Tes 20 soal memberi ringkasan hasil kognitif, sedangkan lembar observasi dan wawancara dirancang untuk mendokumentasikan pengalaman pembelajaran. Tanpa pelaporan rinci hasil observasi, wawancara, karakteristik butir, dan pemeriksaan keterlaksanaan, integrasi kedua jenis bukti belum dapat dilakukan secara kuat. Untuk publikasi berikutnya, peneliti dapat menyertakan kisi-kisi beserta contoh soal representatif, ringkasan validasi dan reliabilitas, serta uraian kondisi pembelajaran kontrol. Langkah itu tidak mengubah data yang sudah diperoleh, tetapi akan meningkatkan transparansi pelaporan dan memungkinkan pembaca mengevaluasi validitas inferensi penelitian.

Kontribusi utama penelitian terletak pada demonstrasi empiris bahwa paket pembelajaran KBC berbantuan PhET menghasilkan skor pemahaman konsep yang lebih tinggi daripada pembelajaran konvensional pada konteks kelas X yang diteliti. Implikasi penelitian adalah perlunya desain kegiatan simulasi yang dipadukan dengan pembelajaran berorientasi penghargaan terhadap siswa, bukan sekadar memindahkan demonstrasi ke layar digital. Studi lanjutan dengan desain faktorial, sampel multisekolah, analisis per indikator, dan pengukuran retensi dapat memperjelas mekanisme serta daya tahan hasil pembelajaran.

Dari sisi pengembangan pengetahuan, nilai studi ini terletak pada pengujian strategi pembelajaran terintegrasi di lingkungan pendidikan menengah, menggunakan ukuran pemahaman konsep yang sama sebelum dan sesudah perlakuan. Penelitian menunjukkan hasil yang menguntungkan paket pembelajaran yang menggabungkan orientasi humanistik dan pengalaman simulasi digital. Akan tetapi, kontribusi tersebut perlu dibedakan dari klaim menghasilkan model kausal yang berlaku universal. Hasil lebih tepat digunakan sebagai

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v16i5.5223

dasar pengembangan modul ajar dan hipotesis bagi studi replikasi yang mempunyai rancangan lebih ketat. Dengan menyatakan secara eksplisit ruang lingkup temuan, penelitian dapat memberi rekomendasi praktis tanpa melampaui data yang tersedia.

SIMPULAN

Penerapan Kurikulum Berbasis Cinta berbantuan PhET Simulation pada pembelajaran energi di kelas X SMA Negeri 1 Padangsidimpuan berkaitan dengan pemahaman konsep fisika yang lebih baik dibandingkan pembelajaran konvensional. Kelompok eksperimen memperoleh rata-rata postes 84,58, lebih tinggi daripada kontrol 70,42, dengan perbedaan signifikan ($t(70) = 9{,}61$; $p < 0{,}001$). Peningkatan ternormalisasi juga lebih tinggi pada kelompok eksperimen (N-Gain 0,64, kategori sedang) dibandingkan kontrol (0,29, kategori rendah). Temuan ini mendukung pemanfaatan paket pembelajaran humanistik dan simulasi interaktif untuk memfasilitasi pembelajaran konsep fisika, tetapi belum mengisolasi efek masing-masing komponen. Penelitian selanjutnya disarankan memperluas sampel, memperpanjang durasi intervensi, serta melaporkan kualitas instrumen dan pencapaian setiap indikator pemahaman konsep.

DAFTAR PUSTAKA

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman.

Arifin, M. M., Prastowo, S. B., & Harijanto, A. (2022). Efektivitas penggunaan simulasi PhET dalam pembelajaran online terhadap hasil belajar siswa. *Jurnal Pembelajaran Fisika, 11*(1), 16–27.

Astalini, A., Darmaji, D., Riantoni, C., & Susanti, N. (2019). Studi penggunaan PhET interactive simulations dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika,* 6(2), 71–75. https://doi.org/10.12928/jrkpf.v6i2.14202

Atmoko, P. M. S., & Wasis. (2015). Penerapan pembelajaran guided discovery dengan metode demonstrasi menggunakan PhET Simulation dalam menurunkan miskonsepsi siswa pada materi listrik dinamis di kelas X SMAN 1 Tegaldlimo, Banyuwangi. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika, 4*(3), 122–126.

Batubara, H. H. (2021). *Media pembelajaran digital*. PT Remaja Rosdakarya.

Fitria, N., Aziizi, M. K. R., Hardoyo, T., Supriadi, B., Harjianto, A., & Junaidi, M. R. (2023). Penggunaan PhET simulation untuk meningkatkan aktivitas dan hasil belajar siswa SMP Islam Panggul. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika,* 7(2), 428–438. https://doi.org/10.37478/optika.v7i2.3394

Fitriyati, I., & Prastowo, A. (2022). Pembelajaran daring menggunakan PhET simulations untuk meningkatkan keaktifan dan hasil belajar siswa madrasah ibtidaiyah. *Al-Madrasah: Jurnal Pendidikan Madrasah Ibtidaiyah,* 6(4), 1041–1052.

Kementerian Agama RI. (2025). *Panduan Kurikulum Berbasis Cinta di madrasah*. Kementerian Agama RI.

Nefrita, N. (2019). Implementation of PhET learning media in efforts to improve activities and physics learning outcomes of students in class XI SMA 4 Pekanbaru. *Jurnal Geliga Sains: Jurnal Pendidikan Fisika,* 7(1), 46–54. https://doi.org/10.31258/jgs.7.1.46-54

Oktavia, F. (2016). Perbandingan hasil belajar dengan menggunakan Physics Education Technology (PhET) interactive simulation dan Microsoft PowerPoint di SMAN 4 Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika, 1*(2), 33–36.

Shabrina, A. R., Siregar, S. P., & Saragi, D. (2025). Memahami konsep Kurikulum Berbasis Cinta dalam pembelajaran melalui kajian filsafat pendidikan. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran,* 8(3), 7769–7777. https://doi.org/10.31004/jrpp.v8i3.51213

Syaripudin, A., Sukiman, & Hasna, R. (2025). Kurikulum 2013 dan Kurikulum Cinta Kemenag: Strategi integratif dalam pendidikan karakter dan spiritual. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar, 10*(2), 288–299. https://doi.org/10.23969/jp.v10i02.24768

Saputra, L., Z., Halim, M. A., & Busyairi, A. (2024). Studi Kajian Literatur: Analisis Miskonsepsi Materi Usaha

ISSN: 2088-0294 | e-ISSN: 2621-9166
https://doi.org/10.37630/jpm.v16i5.5223

dan Energi pada Siswa SMA. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Fisika Indonesia*, 6(2), 17–23. https://doi.org/10.29303/jppfi.v6i2.646

Wieman, C., Adams, W. K., Loeblein, T., & Perkins, K. (2010). Teaching physics using PhET simulations. *The Physics Teacher*, *48*(4), 225–227. https://doi.org/10.1119/1.3361987

Yanuike, A. W., Setyarsih, W., & Kholiq, A. (2017). Penggunaan PhET Simulation dalam ECIRR untuk mereduksi miskonsepsi siswa pada materi fluida dinamis. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, *5*(3), 161–164.