

ANALISIS PERSEPSI SISWA TERHADAP PENGGUNAAN LABORATORIUM VIRTUAL PHET PADA MATERI PERUBAHAN ENERGI

Kristina Nurmi¹, Fauziah A^{2*}, Nursakinah Annisa Lutfin³, Afiq Agung⁴
^{1,2,3,4}Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sulawesi Barat, Indonesia

*Corresponding Author: fauziah.a@unsulbar.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis persepsi siswa SMA kelas X terhadap penggunaan laboratorium virtual PhET pada materi perubahan energi yang berfokus pada aspek keterpahaman materi dan penggunaan *software*. Evaluasi ini penting dilakukan untuk mengetahui bagaimana siswa menerima dan mengoperasikan simulasi PhET untuk memahami konsep abstrak dalam materi perubahan energi. Penelitian ini menggunakan desain deskriptif dengan pendekatan survei yang disebar secara daring kepada 185 siswa di SMAN 2 Polewali yang dipilih melalui teknik *purposive sampling*. Data dikumpulkan menggunakan instrumen kuesioner skala Likert dan pertanyaan terbuka yang kemudian dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan analisis konten tematik. Pemilihan metode ini sangat tepat untuk mendeskripsikan distribusi respon subjektif siswa secara sistematis dan objektif tanpa manipulasi variabel. Hasil penelitian menunjukkan persepsi yang sangat positif pada aspek keterpahaman materi dimana fitur interaktif simulasi terbukti efektif membantu siswa bereksperimen dengan variabel secara mandiri dan memperjelas visualisasi konsep fisika yang bersifat abstrak. Namun pada aspek penggunaan *software*, terdapat beberapa kendala teknis berupa kesulitan navigasi bagi pengguna pemula, berkurangnya keterlibatan emosional jika dibandingkan dengan praktikum tradisional, dan kurangnya panduan materi yang terintegrasi di dalam simulasi. Temuan ini mengindikasikan bahwa daya tarik visual PhET akan lebih efektif jika dibarengi dengan strategi pedagogis yang tepat untuk mencapai keberhasilan dalam pembelajaran.

Kata Kunci: *Laboratorium Virtual, Simulasi PhET, Persepsi Siswa, Perubahan Energi*

ABSTRACT

This study aims to analyze the perceptions of tenth-grade high school students regarding the use of the PhET virtual laboratory on energy transformation, focusing on the aspects of material understanding and software use. This evaluation is important to determine how students accept and operate the PhET simulation to understand abstract concepts in energy transformation materials. This study used a descriptive design with a survey approach distributed online to 185 students at SMAN 2 Polewali selected through a purposive sampling technique. Data were collected using a Likert-scale questionnaire instrument and open-ended questions, which were then analyzed using descriptive statistics and thematic content analysis. This method was very appropriate for systematically and objectively describing students' subjective responses without variable manipulation. The results showed a very positive perception of the material understanding aspect, where the simulation's interactive features proved effective in helping students experiment with variables independently and clarify the visualization of abstract physics concepts. However, in terms of software usage, there were several technical obstacles such as difficulty in navigation for novice users, reduced emotional involvement when compared to traditional practicums, and a lack of

material guidance integrated into the simulation. These findings indicate that the visual appeal of PhET will be effective only when accompanied by appropriate pedagogical strategies to support learning.

Keywords: *Virtual Laboratory, PhET Simulation, Student Perception, Energy Transformation*

PENDAHULUAN

Fisika sebagai ilmu dasar yang mempunyai andil dalam pengembangan ilmu-ilmu lain juga berperan besar dalam penemuan-penemuan teknologi (Harefa, 2019). Salah satu tujuan pembelajaran fisika yang dikembangkan dalam pendidikan *era society 5.0* adalah meningkatkan kemampuan berpikir secara objektif, sistematis, dan kreatif siswa terutama dalam menjawab tantangan zaman (Lestari et al., 2022). Namun, siswa sering kali melihat fisika sebagai sesuatu yang rumit dan menantang untuk dipahami (Yaumie & Dwikoranto, 2024). Selain itu, terdapat beberapa konsep yang bersifat abstrak dan sulit untuk dimengerti oleh siswa (Rizaldi & Jufri, 2020). Kondisi ini semakin diperparah oleh metode pengajaran konvensional yang menekankan pada hafalan rumus dibandingkan pemahaman konseptual yang mendalam dan sangat berpusat pada guru sehingga pembelajaran membuat siswa cenderung pasif serta motivasi dan minat menjadi rendah (Purwana et al., 2025). Di samping itu, fasilitas laboratorium yang terbatas seringkali menjadi penghalang bagi pendidikan untuk memberikan pengalaman praktikum yang optimal bagi siswa (Irsan et al., 2025). Oleh karena itu, pembelajaran fisika memerlukan inovasi pemanfaatan teknologi digital untuk mengatasi terbatasnya sarana praktikum secara langsung sekaligus mengatasi kesulitan visualisasi pada materi fisika yang abstrak.

Pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran fisika salah satunya melalui virtual laboratory (laboratorium virtual). Laboratorium virtual yang banyak digunakan dalam pendidikan fisika adalah simulasi interaktif PhET (*Physics Education Technology*). PhET dikembangkan secara khusus oleh *University of Colorado Boulder* untuk memungkinkan siswa melakukan eksperimen dan mengamati hal-hal abstrak yang sulit diamati dalam eksperimen sesungguhnya (Wieman et al., 2010). Simulasi PhET ini berfungsi sebagai media komputasi yang mampu menampilkan konsep-konsep matematika dan ilmu pengetahuan alam yang abstrak melalui animasi yang menarik (Purwanto et al., 2016). Hal ini sejalan dengan tujuan dari *software* ini adalah untuk membantu siswa dalam memvisualisasikan konsep secara utuh dan jelas tanpa harus dibatasi oleh ketersediaan fasilitas laboratorium di sekolah (Hidayati & Mazril, 2019). Selain itu dengan memanfaatkan laboratorium virtual ini, pembelajaran menjadi lebih menarik dan lebih hemat biaya karena dapat diakses dengan mudah melalui berbagai perangkat keras.

Penggunaan laboratorium virtual khususnya simulasi PhET muncul sebagai solusi yang ditawarkan oleh berbagai studi sebelumnya untuk memecahkan permasalahan keterbatasan sarana praktikum, kesulitan dalam visualisasi materi, dan keterbatasan metode konvensional. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi simulasi *Physics Education Technology* (PhET) efektif dalam meningkatkan keaktifan dan hasil belajar siswa pada materi usaha dan energi (Fitria et al., 2023). Laboratorium virtual dengan

menggunakan PhET memberikan ruang bagi siswa untuk melakukan eksperimen secara fleksibel, memanipulasi variabel secara bebas, dan memvisualisasikan secara langsung interaksi fenomena sub-mikroskopis yang tidak terlihat secara kasat mata (Salame & Makki, 2021). Penelitian sebelumnya terbukti meningkatkan hasil belajar siswa dengan menggunakan model *Problem Based Learning* berbantuan PhET pada materi listrik statis sekaligus mendorong pemecahan masalah mandiri, pemahaman konsep yang lebih dalam, dan keterampilan berpikir kritis yang lebih baik (Sakdiyah et al., 2024). Penelitian lain menerapkan model inkuiri terbimbing yang diintegrasikan dengan PhET menunjukkan adanya peningkatan signifikan pemahaman konsep siswa pada materi elektromagnetik (Zafira et al., 2025). Integrasi pendekatan *Contextual Teaching and Learning* dengan pemanfaatan media PhET *Simulation* dalam pembelajaran fisika juga memicu peningkatan pemahaman siswa karena dinilai menarik dan mudah dibayangkan (Sukamto, 2022). Walaupun demikian, efektivitas integrasi teknologi dalam pembelajaran tidak hanya ditentukan oleh fitur-fiturnya melainkan juga oleh persepsi siswa sebagai pengguna langsung (Alfito et al., 2025).

Meskipun sejumlah penelitian telah membahas pengaruh penggunaan laboratorium virtual PhET terhadap hasil belajar atau pemahaman konsep, kajian yang secara khusus menganalisis persepsi siswa kelas X SMA terhadap penggunaan PhET pada materi perubahan energi masih terbatas. Berdasarkan hasil studi di lapangan ditemukan bahwa siswa kelas X SMAN 2 Polewali telah menggunakan simulasi PhET pada mata pelajaran Fisika khususnya materi perubahan energi. Hal ini disebabkan karena kondisi sarana dan prasarana laboratorium di SMAN 2 Polewali yang masih terbatas. Sampai saat ini belum ada alat praktikum yang tersedia di laboratorium untuk mengajarkan materi perubahan energi yang bersifat abstrak. Sementara itu, simulasi PhET menyediakan percobaan terkait perubahan energi yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pembelajaran dengan metode praktikum. Melalui simulasi PhET ini, siswa mendapatkan representasi visual yang nyata. Siswa tidak hanya menghafal teori melainkan dapat mengamati secara langsung proses perubahan energi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui persepsi siswa terhadap penggunaan laboratorium virtual berbantuan PhET pada konsep fisika. Diperlukan analisis mengenai bagaimana siswa menerima dan mengoperasikan simulasi PhET untuk memahami konsep abstrak dalam perubahan energi. Hal ini penting untuk mengevaluasi apakah simulasi ini membantu siswa kelas X dalam memvisualisasikan perubahan energi dibandingkan praktikum konvensional. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu adalah belum ada studi yang menganalisis persepsi siswa kelas X terhadap penggunaan PhET secara mendalam dalam aspek pemahaman dan penggunaan *software* pada materi perubahan energi di tingkat SMA. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis persepsi siswa kelas X SMA terhadap penggunaan laboratorium virtual PhET pada materi perubahan energi melalui dua aspek yaitu keterpahaman materi dan penggunaan *software*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan strategi pengajaran dan peningkatan kualitas pembelajaran fisika di kelas.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif untuk menggambarkan persepsi siswa kelas X SMA terhadap penggunaan laboratorium virtual *PhET Interactive Simulations* pada materi perubahan energi dalam kurikulum merdeka. Desain deskriptif dipilih karena sangat sesuai untuk memetakan frekuensi dan respon subjek penelitian melalui survei tanpa melakukan manipulasi variabel di lapangan (Siedlecki, 2020). Penelitian ini dilaksanakan di SMAN 2 Polewali. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X di SMAN 2 Polewali yang berjumlah 310 siswa. Sampel penelitian sebanyak 185 siswa yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Kriteria yang ditetapkan untuk memastikan relevansi sampel terhadap tujuan penelitian adalah siswa tersebut telah mempelajari materi perubahan energi dan telah mengikuti kegiatan pembelajaran menggunakan simulasi PhET minimal dua kali pertemuan.

Instrumen penelitian berupa kuesioner yang terdiri dari 15 butir pernyataan skala Likert dan 5 pertanyaan terbuka (*open-ended question*). Skala Likert merupakan skala lima poin dari sangat tidak setuju hingga sangat setuju yang dikonversikan menjadi angka sebagai berikut: sangat tidak setuju (1), tidak setuju (2), netral (3), setuju (4), dan sangat setuju (5). Penyusunan item dalam pernyataan skala Likert dibuat secara terstruktur untuk mengukur dua aspek yaitu aspek pemahaman materi konsep fisika dan aspek kemudahan pengoperasian dari *software* simulasi PhET itu sendiri (Filiyani et al., 2024). Untuk tiga pertanyaan terbuka (nomor satu, dua, dan lima), jawaban tertulis siswa dikonversi menjadi angka dengan skala 1 sampai 5 dimana angka 1 mewakili jawaban negatif dan angka 5 mewakili jawaban positif masing-masing dengan kriteria sebagai berikut: jawaban negatif dan disertai penjelasan alasan jawaban negatif (1), jawaban negatif tetapi tidak disertai penjelasan alasan jawabannya (2), jawaban merupakan gabungan antara jawaban positif dan negatif (3), jawaban positif tetapi tidak disertai penjelasan alasan jawabannya (4), jawaban positif dan disertai penjelasan alasan jawaban positif (5). Sedangkan untuk dua pertanyaan terbuka (nomor tiga dan empat), data dianalisis secara kualitatif menggunakan metode analisis konten tematik (*thematic content analysis*) untuk mengidentifikasi pola atau tema yang berulang dari jawaban siswa pada pertanyaan-pertanyaan terbuka (*open-ended questions*). Data dikumpulkan melalui penyebaran kuesioner secara daring menggunakan *Google Form* kepada responden yang memenuhi kriteria penelitian. Kuesioner yang disusun terdiri dari dua indikator utama yaitu aspek keterpahaman materi dan aspek kemudahan penggunaan *software*. Untuk memastikan validitas instrumen, kuesioner ini telah dievaluasi dan divalidasi oleh dua orang ahli. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Penelitian ini menggambarkan persepsi siswa terhadap penggunaan laboratorium virtual PhET pada materi perubahan energi. Data utama pada penelitian diperoleh dari instrumen survei skala Likert dan pertanyaan terbuka yang diisi oleh 185 responden yang merupakan siswa kelas X di SMAN 2 Polewali. Fokus analisis pada kuesioner skala Likert dibagi menjadi dua aspek utama yaitu aspek keterpahaman materi dan aspek penggunaan perangkat lunak (*software*) simulasi PhET. Berdasarkan data kuantitatif yang dikumpulkan, secara umum siswa memberikan respon yang sangat positif terhadap penggunaan simulasi ini dalam proses pembelajaran fisika di dalam kelas. Pada aspek keterpahaman materi, skor

tertinggi pada pernyataan mengenai kemampuan melihat dan menganalisis hubungan sebab-akibat ketika mengubah kondisi eksperimen dengan skor rata-rata sebesar 4,0. Hal ini menunjukkan bahwa fitur interaktivitas pada simulasi PhET mendorong siswa dalam melakukan eksperimen dengan merubah variabel secara langsung tanpa harus menebak proses yang terjadi. Sedangkan skor terendah pada aspek keterpahaman materi dengan rata-rata 3,7 yang masing-masing berkaitan dengan peningkatan pemahaman tentang penerapan konsep fisika di kehidupan nyata. Meskipun menjadi skor terendah dalam aspek ini, skor rata-rata 3,7 masih berada dalam rentang kategori positif yang mengindikasikan bahwa sebagian besar siswa tetap merasa bahwa simulasi ini memberikan manfaat pada pembelajaran. Rata-rata siswa juga memberikan skor 3,9 pada kemampuan simulasi untuk memvisualisasikan konsep fisika yang abstrak yang mengindikasikan fungsi utama PhET sebagai alat visualisasi yang dapat diandalkan. Tabel 1 menyajikan perolehan skor rata-rata untuk setiap pernyataan yang mengukur aspek keterpahaman materi dan aspek penggunaan *software* dalam survei ini.

Tabel 1. *Skor Rata-Rata Respon Siswa*

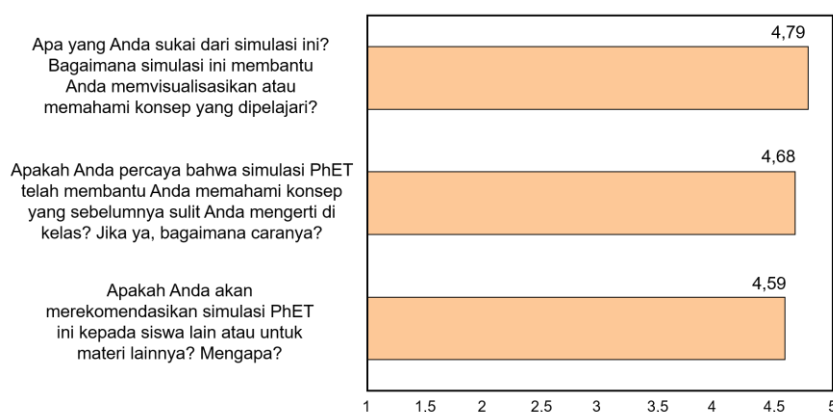
No	Pernyataan	Skor Rata-Rata
Aspek Keterpahaman Materi		
1	Simulasi PhET membantu saya memahami konsep yang diajarkan di kelas dengan lebih baik	3,9
2	Saya memahami materi secara lebih masuk akal dengan menggunakan simulasi PhET	3,8
3	Saya memiliki pemahaman yang lebih baik tentang topik yang dibahas setelah bereksperimen dengan simulasi PhET	3,7
5	Saya lebih memahami penerapan konsep fisika dalam kehidupan nyata setelah melakukan simulasi PhET	3,7
6	Simulasi PhET bermanfaat dan membantu saya belajar dengan lebih efektif secara keseluruhan	3,8
7	Saya dapat memvisualisasikan konsep fisika yang abstrak melalui simulasi PhET	3,9
8	Saya dapat melihat dan menganalisis hubungan sebab-akibat ketika saya mengubah suatu kondisi eksperimen pada simulasi PhET	4,0
Aspek Penggunaan <i>Software</i>		
9	Simulasi PhET jelas dan mudah	3,5

	untuk diikuti	
10	Laboratorium virtual menggunakan PhET merupakan pengalaman yang menyenangkan secara keseluruhan	3,6
11	Laboratorium virtual (PhET) memberikan pengalaman belajar yang baru yang tidak akan saya alami dalam laboratorium tradisional	3,5
12	Saya dapat mengulang eksperimen beberapa kali dengan cepat untuk memperdalam pemahaman saya melalui simulasi PhET	3,8
13	Kemampuan mengubah-ubah variabel secara bebas sangat membantu saya dalam memahami konsep fisika di dalam simulasi	3,6
14	Saya merasa lebih terlibat dalam proses pembelajaran dibandingkan metode tradisional dengan simulasi PhET	3,4
15	Saya merasa dapat belajar dengan kecepatan saya sendiri (mandiri) saat menggunakan simulasi PhET	3,7

Pada aspek penggunaan *software*, data menunjukkan variasi skor yang mengindikasikan tingkat kenyamanan teknis siswa dalam menjalankan simulasi PhET. Skor tertinggi pada aspek ini sebesar 3,8 yang berkaitan dengan kemampuan mengulang eksperimen beberapa kali dengan cepat untuk memperdalam pemahaman. Berdasarkan data yang diperoleh hal ini menunjukkan bahwa siswa memanfaatkan *software* untuk melakukan pengulangan observasi tanpa dibatasi waktu dan bahan seperti pada laboratorium tradisional. Selain itu, siswa dapat belajar dengan kecepatan mereka sendiri secara mandiri juga mendapat skor yang tinggi yaitu sebesar 3,7. Namun, terdapat beberapa pernyataan yang mendapatkan skor lebih rendah dibandingkan dengan aspek keterpahaman materi seperti pada pernyataan bahwa simulasi PhET jelas dan mudah untuk diikuti yang hanya memperoleh skor 3,5. Begitupun dengan pernyataan yang membandingkan pengalaman belajar baru di PhET dengan fasilitas laboratorium tradisional juga memperoleh skor rata-rata sebesar 3,5. Skor terendah dari seluruh butir kuesioner skala Likert ada pada pernyataan nomor 14 yaitu sebesar 3,4 yang berkaitan dengan siswa merasa lebih terlibat dalam proses pembelajaran dibandingkan metode tradisional. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun simulasi PhET dirasa praktis dan mudah diakses, tidak semua siswa secara otomatis merasa lebih terikat

secara emosional jika dibandingkan dengan metode pembelajaran tatap muka langsung. Secara keseluruhan, perolehan rata-rata pada aspek penggunaan *software* ini merepresentasikan penerimaan *software* yang cukup tinggi namun sekaligus menunjukkan adanya beberapa hambatan teknis yang mempengaruhi kenyamanan belajar khususnya pengguna pemula.

Selain data dari skala Likert, penelitian ini juga mengumpulkan data dari lima pertanyaan terbuka (*open-ended questions*) yang diolah melalui metode analisis terstruktur. Lima pertanyaan terbuka tersebut sebagai berikut: 1. Apa yang Anda sukai dari simulasi ini? Bagaimana simulasi ini membantu Anda memvisualisasikan atau memahami konsep yang dipelajari?. 2. Apakah Anda percaya bahwa simulasi PhET telah membantu Anda memahami konsep yang sebelumnya sulit Anda mengerti di kelas? Jika ya, bagaimana caranya?. 3. Fitur apa saja dari simulasi PhET yang menurut Anda paling bermanfaat bagi Anda?. 4. Apa yang dapat dilakukan atau ditambahkan untuk membuat simulasi ini menjadi lebih baik?. 5. Apakah Anda akan merekomendasikan simulasi PhET ini kepada siswa lain atau untuk materi lainnya? Mengapa?. Tiga pertanyaan terbuka yaitu pertanyaan nomor satu, dua, dan lima dikonversi menjadi data kuantitatif berskala 1 hingga 5 berdasarkan rubrik penilaian. Kriteria penilaian dari konversi ini menetapkan bahwa jawaban positif dan disertai dengan penjelasan alasan diberikan skor 5 sedangkan jawaban negatif dengan penjelasan alasan mendapat skor 1. Hasil konversi data kualitatif ke kuantitatif yang ditampilkan pada Gambar 1 menunjukkan bahwa rata-rata skor ketiga pertanyaan tersebut berada pada penilaian sangat tinggi. Kebanyakan siswa memberikan jawaban yang masuk dalam kategori positif terkait apa yang mereka sukai dari simulasi PhET dan bagaimana simulasi ini membantu mereka memvisualisasikan teori fisika khususnya materi perubahan energi. Para siswa juga menyatakan akan merekomendasikan penggunaan simulasi PhET ini kepada siswa lain atau untuk digunakan pada materi fisika lainnya. Data dari hasil konversi rubrik ini secara keseluruhan mengkonfirmasi temuan pada instrumen kuesioner skala Likert bahwa penggunaan laboratorium virtual memberikan dampak positif pada aspek kognitif dan afektif siswa. Mayoritas jawaban siswa terkait dengan kemampuan simulasi dalam menggambarkan fenomena yang tidak terlihat secara kasat mata menjadi sebuah objek yang nyata. Adapun proses pengkodean data berasal dari seluruh jawaban tertulis siswa tanpa adanya penambahan interpretasi subjektif dari pihak peneliti.



Gambar 1. Skor Rata-Rata pada Masing-Masing Pertanyaan Terbuka Nomor 1, 2 dan 5

Analisis jawaban secara lebih mendalam mengenai preferensi teknis siswa juga dilakukan. Respon pada pertanyaan terbuka nomor tiga dianalisis secara kualitatif menggunakan metode analisis konten tematik. Pertanyaan ini berfokus untuk mendata fitur-fitur internal dari simulasi PhET yang dianggap paling bermanfaat oleh siswa di sekolah tersebut. Berdasarkan data yang dikumpulkan pada Tabel 2, tema jawaban komposit yang paling banyak adalah fitur interaktivitas dalam mengubah variabel yang disebutkan oleh 69 siswa. Tema terbanyak kedua adalah kemampuan simulasi dalam memberikan visualisasi konsep yang abstrak yang disebutkan oleh 54 siswa sebagai fitur yang paling membantu mereka selama pembelajaran. Terdapat 34 siswa yang memberikan jawaban tidak spesifik, merasa ragu, atau mengaku lupa terhadap fitur tertentu yang paling bermanfaat bagi mereka di dalam simulasi. Sebanyak 22 siswa menjawab dari segi pemanfaatan beberapa menu atau objek simulasi yang spesifik yang terdapat di dalam simulasi. Selain itu, ada 13 siswa yang menjawab bahwa semua fitur dalam simulasi tersebut sangat bermanfaat tanpa menyebutkan secara spesifik. Adapun sebanyak 12 siswa yang menjawab dari aspek kemudahan penggunaan, ketersediaan panduan yang jelas, dan simulasi yang berbasis *game* sebagai fitur paling bermanfaat. Berdasarkan tema jawaban komposit ini menunjukkan bahwa fungsi utama PhET bagi siswa kelas X bukan sekedar dari desain visualnya yang menarik melainkan pada kemampuannya dalam melakukan manipulasi variabel eksperimen.

Tabel 2. *Fitur PhET yang Paling Bermanfaat bagi Siswa*

No	Tema Jawaban Berdasarkan Jawaban Komposit Siswa	Jumlah Siswa yang Menjawab Berdasarkan Tema Jawaban
1	Interaktivitas dalam mengubah variabel	69
2	Visualisasi konsep abstrak	54
3	Jawaban tidak spesifik, ragu, atau lupa	34
5	Beberapa menu atau objek simulasi spesifik	22
6	Semua fitur bermanfaat	13
7	Kemudahan penggunaan, panduan yang jelas, dan berbasis <i>game</i>	12

Catatan: Beberapa siswa menjawab lebih dari satu tema jawaban

Metode analisis konten tematik yang sama juga digunakan pada pertanyaan terbuka nomor empat yang secara spesifik meminta rekomendasi dari siswa untuk perbaikan simulasi PhET kedepannya. Data yang disajikan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa sebagian besar responden yaitu sebanyak 68 siswa, tidak memberikan jawaban spesifik atau memberikan pernyataan tidak tahu mengenai apa yang harus diperbaiki. Namun, di antara mayoritas respon siswa yang memberikan saran perbaikan, jawaban yang paling banyak yaitu 34 orang merekomendasikan perlunya penambahan fitur penjelasan teori dan panduan operasional di dalam program *software* tersebut. Sebanyak 27 siswa menjawab bahwa simulasi PhET yang ada saat ini sudah baik untuk pembelajaran dan tidak memerlukan tambahan fitur apapun. Terdapat permintaan teknis dari 22 siswa yang menyarankan peningkatan kualitas visualisasi

objek di mana mereka menginginkan pembaruan bentuk grafis menjadi 3D atau diintegrasikan dengan *Augmented Reality* (AR) dan *Virtual Reality* (VR). Selain dari aspek visual, sebanyak 19 siswa menyarankan agar simulasi interaktif ini dilengkapi dengan latihan soal dan kuis untuk langsung menguji pemahaman teori mereka setelah praktikum. Saran lain yang muncul dengan jumlah respon lebih rendah berturut-turut diantaranya permintaan penambahan variasi skenario eksperimen (10 siswa), penyediaan contoh kasus nyata (7 siswa), dan penambahan elemen kompetisi atau *game* (7 siswa). Sebagian kecil respon siswa juga menyebutkan pentingnya pengembangan fitur kolaborasi antarpengguna atau *multiplayer* (6 siswa) dan penambahan efek suara atau audio (5 siswa) untuk membuat simulasi terasa lebih hidup. Seluruh jawaban rekomendasi ini menunjukkan bahwa simulasi PhET yang selama ini sudah memberikan banyak manfaat dalam pembelajaran, masih membutuhkan perbaikan secara pedagogis maupun pengembangan teknis antarmuka yang sangat diharapkan oleh siswa untuk mendapatkan pengalaman praktikum virtual yang jauh lebih baik kedepannya.

Tabel 3. Rekomendasi Siswa untuk Fitur Tambahan pada Simulasi Phet

No	Tema Jawaban Berdasarkan Jawaban Komposit Siswa	Jumlah Siswa yang Menjawab Berdasarkan Tema Jawaban
1	Jawaban tidak spesifik, ragu, tidak tahu	68
2	Penambahan penjelasan teori dan panduan	34
3	Sudah bagus, tidak ada tambahan	27
5	Peningkatan visual, grafis, 3D, AR/VR, dan tampilan	22
6	Latihan soal dan kuis	19
7	Penambahan skenario	10
8	Contoh kasus nyata di kehidupan sehari-hari	7
9	Fitur <i>game</i> atau permainan	7
10	Fitur kolaborasi dan multiplayer	6
11	Penambahan audio dan efek suara	5

Catatan: Beberapa siswa menjawab lebih dari satu tema jawaban

B. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual PhET sangat efektif dari segi aspek pemahaman materi khususnya pada kemampuan melihat dan menganalisis hubungan sebab-akibat ketika siswa mengubah kondisi parameter eksperimen (skor 4,0). Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh Salame & Makki (2021) yang melaporkan bahwa pada tingkat pendidikan tinggi intervensi manipulasi variabel sebagai fitur paling krusial dan bermanfaat dalam simulasi. Hal yang sama juga diperoleh dari penelitian Correia et al., (2019) di mana 71 siswa menyatakan bahwa aktivitas mengubah variabel

dalam aplikasi PhET sangat membantu daya nalar mereka untuk menelaah perilaku gas pada level sub-mikroskopis. Selanjutnya, kemampuan memvisualisasikan konsep fisika yang abstrak pada aspek keterpahaman materi juga mendapat penilaian tinggi (3,9) dimana hal ini mendukung bahwa simulasi PhET mampu menjadi penghubung untuk mengatasi hambatan kognitif siswa saat mempelajari fenomena yang bersifat abstrak atau tidak kasat mata. Hal ini juga sejalan dengan temuan oleh Ula et al., (2025) yang menyatakan bahwa simulasi PhET mampu mentransformasikan konsep gaya dan energi yang awalnya abstrak menjadi gambaran mekanis yang nyata sehingga mempermudah proses pemahaman siswa. Temuan serupa dilaporkan oleh Prastiwi et al., (2018) yang menemukan bahwa rendahnya tingkat pemahaman dan kemampuan penalaran ilmiah siswa dalam materi mekanika fluida statis yang diakibatkan oleh penyampaian materi yang terlalu abstrak sehingga menghambat alur logika berpikir siswa. Sejalan dengan temuan dari Theasy et al., (2021) pada konsep getaran harmonik, penggunaan laboratorium virtual PhET secara interaktif terbukti efektif dalam memvisualisasikan fenomena yang kompleks agar lebih mudah dipahami oleh siswa. Menurut Prima et al., (2018), simulasi PhET berhasil mengoptimalkan pemahaman konseptual siswa mengenai pergerakan benda sekaligus meningkatkan motivasi belajar dan ketertarikan mereka terhadap sains. Oleh karena itu, penggunaan simulasi ini terbukti krusial dalam membantu siswa dalam memahami konsep dan meningkatkan literasi sains secara berkesinambungan.

Meskipun siswa menunjukkan pemahaman konseptual yang tinggi, hasil penilaian pada aspek penggunaan *software* justru menunjukkan adanya kendala teknis dan perasaan ragu yang menghambat pengalaman belajar mereka. Terdapat kesenjangan dalam hasil kuesioner, dimana di satu sisi, siswa sangat menghargai keberadaan simulasi yang memungkinkan pengulangan eksperimen tanpa batas (skor 3,8). Namun di sisi lain, keterikatan emosional dalam ruang virtual justru mendapatkan penilaian terendah dengan skor 3,4, hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran virtual belum mampu melampaui kedekatan emosional pembelajaran secara konvensional. Selain itu, skor tingkat kemudahan penggunaan hanya mencapai rata-rata sebesar 3,5. Hal ini menunjukkan pengguna pemula masih sering mengalami kesulitan saat mencoba mengoperasikan menu-menu di dalam simulasi. Berdasarkan penelitian Filiyani et al., (2024), sebanyak 57,7% mahasiswa fisika menunjukkan sikap ragu-ragu terhadap fungsionalitas PhET. Penelitian ini mengonfirmasi studi tersebut dari segi aspek kenyamanan penggunaan simulasi PhET. Kesulitan interaksi dalam simulasi ini sejalan dengan temuan Nurwahidah et al., (2021) yang menunjukkan bahwa siswa merasa antarmuka PhET cukup kompleks, sementara lainnya mengalami kesulitan akibat stabilitas jaringan internet yang tidak memadai. Adapun penelitian oleh Siregar et al., (2025) menunjukkan bahwa beberapa siswa pada dasarnya memang mengalami kesulitan bawaan dalam menjalankan antarmuka (*interface*) simulasi PhET sehingga siswa membutuhkan panduan dan bimbingan dari guru sebelum dilepas menggunakan *software* tersebut di dalam kelas. Penelitian yang dilakukan oleh Witin et al. (2024) juga menemukan adanya kendala teknis serupa, ditemukan bahwa 56% siswa menengah mengaku kesulitan dalam navigasi digital karena kurangnya pembiasaan terhadap sistem perangkat yang kurang fleksibel. Penurunan keterlibatan siswa pada simulasi ini diyakini merupakan dampak dari hilangnya interaksi fisik dengan alat praktikum. Hal ini sejalan dengan temuan Irsan et al., (2025) dan Zulkifli et al., (2022), yang mengemukakan bahwa kurangnya stimulasi sensori

dalam laboratorium virtual dapat mengurangi autentisitas pengalaman belajar khususnya bagi siswa dengan tipe belajar kinestetik. Temuan ini mengkonfirmasi bahwa kemampuan pemahaman konseptual PhET belum cukup untuk menjamin keberhasilan penggunaan. Kelemahan pada kepraktisan antarmuka dan hilangnya interaksi fisik menjadi hambatan psikologis yang membatasi efektivitas penggunaan simulasi tersebut pada siswa.

Selain didukung oleh data kuantitatif, analisis kualitatif dari jawaban pertanyaan terbuka responden semakin memperkuat temuan penelitian. Hasilnya menunjukkan bahwa fitur interaktivitas dan visualisasi konsep merupakan fitur yang paling bermanfaat bagi siswa. Berdasarkan hasil analisis tema jawaban, sebanyak 69 siswa cenderung menjawab pada pemanfaatan fitur interaktif dalam modifikasi variabel. Sementara itu, 54 siswa menjawab pada aspek kemampuan simulasi PhET dalam memvisualisasikan konsep yang abstrak. Sejalan dengan yang dilaporkan oleh Jamila et al., (2023) bahwa antarmuka PhET yang intuitif dan dinamis mendorong keterlibatan aktif siswa. Melalui simulasi ini, siswa dapat menyusun hipotesis sekaligus mengasah kemampuan pemecahan masalahnya. Mayoritas jawaban terhadap fitur interaktif menunjukkan bahwa siswa tidak lagi sekedar bertindak sebagai pendengar pasif di dalam kelas. Kebebasan dalam bereksperimen yang dimiliki siswa dalam memanipulasi variabel pada simulasi PhET berperan sebagai katalisator penting dalam menumbuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Temuan ini mendukung teori bahwa pendekatan pembelajaran interaktif yang menekankan eksplorasi mandiri dapat mendorong hasil belajar secara drastis (Susilawati et al., 2020). Dengan demikian, fitur manipulasi variabel pada PhET bukanlah sekedar elemen visual. Fitur ini merupakan instrumen pembelajaran modern yang dirancang untuk memicu rasa ingin tahu ilmiah sekaligus memperkuat kemampuan logika berpikir siswa secara sistematis.

Hasil analisis saran dan kritik siswa dalam survei menunjukkan bahwa penggunaan PhET memerlukan bimbingan dari guru agar simulasi ini efektif di dalam kelas. Data menunjukkan ketidakpuasan siswa terhadap kurangnya instruksi di PhET. Sebanyak 34 siswa menginginkan tambahan teori dan panduan, sementara 19 lainnya meminta fitur kuis dan latihan soal. Hal ini menunjukkan bahwa simulasi tersebut masih kurang pada elemen instruksional berupa teks yang terpadu. Secara tidak langsung saran dari siswa dalam penelitian ini mengkonfirmasi teori sebelumnya mengenai kelemahan desain PhET (Maharani et al., 2024). Masalah utamanya terletak pada tidak tersedianya materi dalam antarmuka PhET yang menghambat proses memori awal siswa sehingga penguasaan aspek kognitif pada level ingatan (C1) menjadi sulit dicapai. Sejalan dengan yang dilaporkan oleh Correia et al. (2018) bahwa para responden meminta agar simulasi menyediakan penjelasan mengenai prinsip-prinsip fisika sebelum sesi dimulai dan penyederhanaan kalimat instruksi yang dianggap tidak logis.

Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi institusi pendidikan untuk merancang strategi dalam pembelajaran fisika yang menggunakan laboratorium virtual khususnya dengan simulasi PhET. Penelitian ini memiliki keterbatasan pada populasi siswa di satu sekolah dan hanya berfokus pada materi perubahan energi. Keterbatasan metodologi lainnya terletak pada penggunaan kuesioner yang menggunakan persepsi pribadi siswa yang jawabannya dapat dipengaruhi oleh kesalahan dalam mengingat kembali pengalaman yang ditanyakan.

SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa persepsi siswa kelas X SMA terhadap penggunaan laboratorium virtual PhET pada materi perubahan energi menunjukkan hasil yang sangat positif terutama pada aspek keterpahaman materi. Temuan utama menunjukkan bahwa fitur interaktivitas PhET sangat efektif mendorong siswa dalam menganalisis hubungan sebab-akibat saat memanipulasi variabel eksperimen secara mandiri dan memvisualisasikan konsep fisika yang abstrak. Namun pada aspek penggunaan *software*, simulasi ini masih memiliki beberapa kendala teknis dan pada aspek emosional. Tingkat keterlibatan siswa di dalam laboratorium virtual masih lebih rendah dibandingkan dengan metode praktikum tradisional. Keterbatasan dari sisi emosional ini makin terlihat pada simulasi yang sulit dinavigasikan dan hilangnya interaksi fisik secara langsung. Adapun berdasarkan hasil analisis kualitatif menunjukkan belum tersedianya panduan yang terintegrasi langsung di dalam simulasi. Temuan ini berdasarkan pada kebutuhan siswa terhadap materi dan fitur latihan untuk membantu mereka di fase awal agar tidak bingung saat mengoperasikan simulasi tersebut. Studi ini memberikan implikasi penting bagi institusi pendidikan. Penelitian ini menyarankan agar guru memadukan simulasi PhET dengan panduan terstruktur untuk melengkapi kurangnya materi dalam simulasi tersebut. Penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya mengambil sampel pada satu lingkup sekolah dengan fokus pada materi perubahan energi. Selain itu, penggunaan kuesioner yang bersifat laporan persepsi memiliki kelemahan dalam hal subjektivitas opini dan daya ingat responden.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Siswa Kelas X SMAN 2 Polewali atas partisipasinya dalam kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfito, Haeruddin, Ilmianih, R., Wahyono, U., & Syamsuriwal. (2025). Analisis Persepsi Peserta Didik dalam Konteks Energi Terbaru Menggunakan Artificial Intelligence dan Simulasi dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*, 13, 325–332. <https://doi.org/10.22487/jpft.v13i3.4951>
- Correia, A. P., Koehler, N., Thompson, A., & Phye, G. (2019). The application of PhET simulation to teach gas behavior on the submicroscopic level: secondary school students' perceptions. *Research in Science and Technological Education*, 37(2), 193–217. <https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1487834>
- Filiyani, R., Kamal, R. H., Khoeriyah, I., Hasanah, M. N., & Mahmudah, I. R. (2024). Persepsi Mahasiswa Pendidikan Fisika Terhadap Virtual Laboratory Berbantuan PhET Pada Konsep Fisika. *Frekuensi*, 1(1), 21–24. <https://journal.publinesia.com/index.php/frekuensi/article/view/20%0Ahttps://journal.publinesia.com/index.php/frekuensi/article/download/20/11>
- 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>
- Harefa, A. R. (2019). Peran Ilmu Fisika Dalam Kehidupan Sehari-Hari. *Jurnal Warta*, 60(April), 1–10.
- Hidayati, & Mazril. (2019). Jurnal Penelitian Pendidikan IPA Penggunaan LKM untuk

- Menunjang Kegiatan Laboratorium Virtual Fisika Inti. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 5(2), 149–153. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v5i2.250>
- Irsan, Meidji, I. U., & Jayadi, H. (2025). Penerapan Laboratorium Virtual Listrik Dinamis Untuk Meningkatkan Aktivitas Peserta Didik. *Jurnal Pengabdian Indonesia (JPI)*, 1(2), 160–167. <https://doi.org/10.62567/jpi.v1i2.1106>
- Jamila, S., Nyoman, N., Putu, S., & Makhrus, M. (2023). Pengaruh Model Problem Based Learning Berbantuan Media PhET terhadap Hasil Belajar Gelombang Berjalan dan Gelombang Stasioner Siswa Kelas XI The Effect of Problem-Based Learning Model Assisted by PhET Media on the Learning Outcomes of Progressive Waves an. *Lensa : Jurnal Kependidikan Fisika*, 11(1), 8–14.
- Lestari, I., Gultom, O. B. K., & Zebua, F. S. (2022). Penerapan Literasi Sains Dalam Pembelajaran Fisika Di Era Society 5.0. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains Dan Terapan*, 1, 92–98.
- Maharani, N. N., Hikmawati, H., Susilawati, S., & Gunada, I. W. (2024). Pengaruh Model Problem Based Learning Berbantuan Media PhET Simulation Terhadap Hasil Belajar Pada Materi Usaha dan Energi. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(1), 539–545. <https://doi.org/10.29303/jipp.v9i1.1983>
- Nurwahidah, A., Qolbi, W. N., Putra, R. M., & Muhajir, S. N. (2021). Persepsi Siswa dan Guru terhadap Penggunaan Laboratorium Virtual dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 1(2), 54–61. <https://doi.org/10.52434/jpif.v1i2.1482>
- Prastiwi, V. D., Parno, P., & Wisodo, H. (2018). Identifikasi pemahaman konsep dan penalaran ilmiah siswa SMA pada materi fluida statis. *Momentum: Physics Education Journal*, 2(2), 56–63. <https://doi.org/10.21067/mpej.v1i1.2216>
- Prima, E. C., Putri, A. R., & Rustaman, N. (2018). Learning solar system using PhET simulation to improve students' understanding and motivation. *Journal of Science Learning*, 1(2), 60. <https://doi.org/10.17509/jsl.v1i2.10239>
- Purwana, I. G., Saputra, E., Nigsih, S., Bulaka, B., & Sari, R. S. (2025). Pengaruh Penggunaan Phet Simulasi Terhadap Peningkatan Hasil Belajar Fisika: Upaya Menjawab Tantangan Transformasi Pembelajaran Fisika Era Society 5.0. *Jurnal Kumparan Fisika*, 8(3), 117–130.
- Purwanto, A. E., Hendri, M., & Susanti, N. (2016). Studi Perbandingan Hasil Belajar Siswa menggunakan Media PhET Simulations dengan Alat Peraga pada Pokok Bahasan Listrik Magnet di Kelas IX SMPN 12 Kabupaten Tebo. *Jurnal EduFisika*, 01(01), 22–27.
- Rizaldi, D. R., & Jufri, A. W. (2020). PhET: Simulasi Interaktif Dalam Proses Pembelajaran Fisika. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(1), 2620–8326. <https://doi.org/10.29303/jipp.v5i1.103>
- Salame, I. I., & Makki, J. (2021). Examining the Use of PhET Simulations on Students' Attitudes and Learning in General Chemistry II. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 17(4), e2247. <https://doi.org/10.21601/ijese/10966>
- Siregar, I. L., Hendrayana, A., & Nulhakim, L. (2025). *The Effect of PBL Integrated with PhET Virtual Laboratory and Self- Efficacy on Students ' Science Problem -Solving Skills*. 12(3), 702–713.
- Sukamto, T. (2022). Pemanfaatan Media Phet Simulation Pada Pembelajaran Fisika Dengan Pendekatan Contextual Teaching and Learning. *Ejournal.Unma.Ac.Id*, 8(2), 649–654. <https://doi.org/10.31949/educatio.v8i2.2327>
- Susilawati, S., Nawansi, S. P., Sutrio, S., & Doyan, A. (2020). Penerapan Model Pembelajaran Interaktif Berbasis Konsep Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Fisika Siswa. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran Fisika Indonesia*, 2(1), 0–3. <https://doi.org/10.29303/jppfi.v2i1.48>

- Theasy, Y., Bustan, A., & Nawir, M. (2021). Penggunaan Media Laboratorium Virtual PhET Simulation untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Mahasiswa pada Mata Kuliah Eksperimen Fisika Sekolah. *Variabel*, 4(2), 39. <https://doi.org/10.26737/var.v4i2.2607>
- Ula, A. S., Aulia, E. V., & Mahdiannur, M. A. (2025). Efektivitas Penggunaan Simulasi PhET dalam Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Hukum Newton pada Siswa SMA. *Jurnal Cahaya Edukasi*, 2(4), 74–78.
- Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P., & Perkins, K. K. (2010). Teaching physics using PhET simulations. *The Physics Teacher*, 4(48), 225–227.
- Yaumie, S. N., & Dwikoranto, D. (2024). Pengaruh Model Inquiry Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Fisika Elastisitas dan Hukum Hooke. *IPF: Inovasi Pendidikan Fisika*, 13(1), 70–78. <https://doi.org/10.26740/ipf.v13n1.p70-78>
- Zafira, K. F., Astra, I. M., & Wibowo, F. C. (2025). Penerapan Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa Menggunakan Simulasi PhET pada Materi Elektromagnetik. *Jurnal Terapan Pendidikan Dasar Dan Menengah*, 5(4), 319–324.
- Zulkifli, Azhar, & Syaflita, D. (2022). Application Effect of PhET Virtual Laboratory and Real Laboratory on the Learning Outcomes of Class XI Students on Elasticity and Hooke's Law. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(1), 401–407. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i1.1274>