



Penerapan Pendekatan *Deep learning* Berbasis Media PHET pada Pembelajaran Matematika Kelas XI SMA Chartar Buana Jakarta

Risan Puntaningrum^{1),*}, Marjah¹⁾, Pramesti Krisna Kandi¹⁾, Dian Teladaningsih¹⁾, Nurwidayanti¹⁾, Tuti Setyaningsih¹⁾

¹⁾Universitas Indraprasta PGRI Jakarta

*Corresponding Author : risanpuntaningrum12@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan penerapan pendekatan *deep learning* berbasis media PHET pada pembelajaran matematika kelas XI SMA Charter Buana Jakarta. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan subjek penelitian siswa kelas XI dan guru matematika. Data penelitian dikumpulkan melalui observasi, angket, wawancara, dokumentasi, dan hasil belajar siswa. Data dianalisis secara deskriptif untuk memperoleh gambaran mengenai aktivitas siswa, respon siswa, pengalaman guru dan siswa, serta hasil belajar selama penerapan pembelajaran berbasis media PHET. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa terlibat aktif dalam proses pembelajaran dengan rata-rata skor observasi sebesar 3,41 pada kategori sangat baik. Respon siswa terhadap penggunaan media PHET juga menunjukkan hasil positif dengan rata-rata skor angket sebesar 4,16 pada kategori setuju. Hasil wawancara dengan guru menunjukkan bahwa media PHET membantu memvisualisasikan konsep-konsep matematika yang bersifat abstrak sehingga lebih mudah dipahami oleh siswa. Sementara itu, hasil wawancara siswa menunjukkan bahwa penggunaan PHET menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik, interaktif, dan mendukung eksplorasi konsep secara mandiri. Data hasil belajar menunjukkan rata-rata nilai siswa meningkat dari 65,33 sebelum penerapan pembelajaran menjadi 87,32 setelah penerapan pembelajaran. Berdasarkan temuan tersebut, penerapan pendekatan *deep learning* berbasis media PHET memberikan pengalaman pembelajaran yang positif dan mendukung keterlibatan siswa dalam pembelajaran matematika. Media PHET dapat menjadi salah satu alternatif media pembelajaran untuk membantu visualisasi konsep matematika dan menciptakan pembelajaran yang lebih interaktif.

Kata Kunci: *Deep learning*; Media PHET; Pembelajaran Matematika; Pembelajaran Interaktif; Aktivitas Siswa

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



PENDAHULUAN

Matematika merupakan salah satu disiplin ilmu yang memiliki peranan penting dalam mengembangkan kemampuan berpikir logis, kritis, sistematis, dan analitis pada siswa. Pembelajaran matematika tidak hanya berorientasi pada penguasaan rumus, tetapi juga pada kemampuan memahami konsep serta memecahkan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari (Yekti et al., 2025). Oleh karena itu, pembelajaran matematika perlu dirancang agar mampu mendorong siswa memahami konsep secara mendalam dan menerapkannya dalam berbagai situasi. Namun, pada kenyataannya matematika masih sering dianggap sebagai mata pelajaran yang abstrak dan sulit dipahami oleh siswa, terutama pada jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA). Kondisi tersebut dapat menyebabkan rendahnya keterlibatan siswa dalam pembelajaran dan menurunnya motivasi belajar apabila proses pembelajaran masih didominasi oleh metode ceramah konvensional (Nurjannah & Ramlah, 2025). Kesulitan tersebut umumnya muncul karena banyak konsep matematika bersifat abstrak dan memerlukan kemampuan representasi yang baik, sehingga siswa sering mengalami hambatan dalam menghubungkan konsep yang dipelajari dengan situasi nyata. Akibatnya, proses pembelajaran cenderung berfokus pada penguasaan prosedur dan hafalan rumus dibandingkan pemahaman konseptual yang mendalam (Salma, 2025).

Permasalahan tersebut juga ditemukan pada pembelajaran matematika kelas XI SMA Chartar Buana Jakarta. Berdasarkan hasil wawancara awal dengan guru matematika, proses pembelajaran masih didominasi oleh metode ceramah dengan penggunaan media yang terbatas pada buku teks, gambar, dan diagram. Guru juga mengungkapkan bahwa sebagian siswa cenderung menghafal rumus tanpa memahami konsep secara mendalam,

khususnya pada materi yang bersifat abstrak. Temuan tersebut diperkuat oleh data hasil belajar awal siswa yang menunjukkan rata-rata nilai matematika sebesar 65,33, masih berada di bawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yang ditetapkan sekolah yaitu 78. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses pembelajaran belum sepenuhnya mampu memfasilitasi siswa untuk membangun pemahaman konsep secara mendalam sehingga diperlukan inovasi pembelajaran yang lebih interaktif dan berpusat pada siswa. Sejalan dengan itu, (Maman et al., 2024; Siagian et al., 2023) menyatakan bahwa pembelajaran matematika seharusnya tidak hanya berorientasi pada pencapaian hasil belajar, tetapi juga mendorong siswa untuk membangun keterkaitan antar konsep melalui proses belajar yang bermakna, sadar, dan menyenangkan.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pendekatan *deep learning*. Pendekatan *deep learning* menekankan pada proses belajar yang bermakna melalui aktivitas memahami, menghubungkan, mengeksplorasi, dan merefleksikan pengetahuan sehingga siswa tidak hanya menghafal informasi, tetapi mampu membangun pemahaman konseptual yang lebih mendalam (Nurhikmah et al., 2025; Salma, 2025). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *deep learning* mampu meningkatkan pemahaman konsep, kemampuan pemecahan masalah matematis, serta kemampuan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills*) siswa dibandingkan pembelajaran yang berorientasi pada hafalan (Pujawati et al., 2025; Agus et al., 2026). Pendekatan *deep learning* menempatkan siswa sebagai subjek aktif yang terlibat dalam proses eksplorasi, refleksi, dan pemecahan masalah sehingga pembelajaran tidak hanya menghasilkan pengetahuan deklaratif, tetapi juga pemahaman konseptual yang lebih mendalam. (permana, Jeni & Dkk., 2015; Prihantoro, 2025) menjelaskan bahwa pembelajaran berbasis *deep learning* berorientasi pada terbentuknya pengalaman belajar yang *mindful*, *meaningful*, dan *joyful* sehingga mampu meningkatkan kualitas keterlibatan siswa selama proses pembelajaran.

Penerapan pendekatan *deep learning* perlu didukung oleh media pembelajaran yang mampu memvisualisasikan konsep-konsep abstrak dalam matematika. Salah satu media yang dapat digunakan adalah PHET *Interactive Simulations*. Media ini menyediakan simulasi virtual interaktif yang memungkinkan siswa melakukan eksplorasi, memanipulasi variabel, serta mengamati hubungan antar konsep secara langsung. Penggunaan media PHET telah terbukti mampu meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan berpikir kritis, serta keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran karena memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan berpusat pada siswa (Indah Rizky Dwiyantri & Nurafni, 2023; Laila & Anggaryani, 2021). Simulasi interaktif yang disediakan PHET memungkinkan siswa melakukan eksplorasi konsep melalui pengalaman belajar yang lebih konkret dan visual. Menurut (Amir et al., 2026), penggunaan PHET dapat membantu siswa memahami hubungan antar konsep secara lebih jelas karena siswa dapat mengamati perubahan variabel dan dampaknya secara langsung melalui simulasi. Selain itu, integrasi media PHET dalam pembelajaran berbasis *deep learning* dapat menciptakan suasana belajar yang lebih interaktif, menyenangkan, dan berpusat pada siswa (Sofa et al., 2025).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *deep learning* mampu meningkatkan pemahaman konsep, kemampuan berpikir kritis, dan keterampilan pemecahan masalah siswa (Dewi Izwita et al., 2025; Salma, 2025). Di sisi lain, media PHET juga terbukti efektif dalam membantu visualisasi konsep dan meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran (Amir et al., 2026). Namun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih mengkaji pendekatan *deep learning* dan media PHET secara terpisah. Selain itu, penelitian terdahulu umumnya lebih berfokus pada peningkatan hasil belajar dan pemahaman konsep, sedangkan kajian yang secara khusus mengeksplorasi keterlibatan aktif siswa serta pengalaman belajar yang bermakna melalui integrasi pendekatan *deep learning* dan media PHET pada pembelajaran matematika tingkat SMA masih relatif terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mengkaji integrasi kedua komponen tersebut dalam pembelajaran matematika untuk menghasilkan proses belajar yang lebih bermakna, interaktif, dan berpusat pada siswa.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan pendekatan *deep learning* berbasis media PHET pada pembelajaran matematika kelas XI SMA Chartar Buana Jakarta serta mengkaji perannya dalam meningkatkan pemahaman konsep dan keterlibatan aktif siswa selama proses pembelajaran.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan jenis penelitian deskriptif kualitatif. Pendekatan ini dipilih karena penelitian berfokus pada pemahaman secara mendalam mengenai penerapan pendekatan *deep learning* berbasis media PHET dalam pembelajaran matematika kelas XI di SMA Chartar Buana Jakarta. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei hingga Juni 2026.

Subjek penelitian terdiri atas 4 orang guru matematika dan 33 siswa kelas XI SMA Chartar Buana Jakarta. Pemilihan informan dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling*. Guru matematika dipilih karena terlibat langsung dalam proses perencanaan dan pelaksanaan pembelajaran matematika menggunakan pendekatan *deep learning* berbasis media PHET. Sementara itu, seluruh siswa kelas XI yang mengikuti pembelajaran dijadikan responden penelitian karena terlibat secara langsung dalam proses pembelajaran yang diamati.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, angket, dan dokumentasi. Observasi dilakukan sebanyak empat kali pertemuan untuk mengamati aktivitas siswa selama proses pembelajaran menggunakan pendekatan *deep learning* berbasis media PHET. Instrumen observasi berupa lembar observasi aktivitas siswa yang memuat indikator keterlibatan siswa dalam pembelajaran, seperti partisipasi dalam diskusi, keaktifan bertanya, kemampuan mengeksplorasi simulasi, kerja sama kelompok, dan keterlibatan dalam pemecahan masalah.

Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur kepada empat guru matematika dan seluruh siswa yang menjadi responden penelitian. Pedoman wawancara guru difokuskan pada pengalaman guru dalam menerapkan pendekatan *deep learning* berbasis media PHET, perubahan aktivitas belajar siswa, manfaat yang diperoleh, serta kendala yang dihadapi selama proses pembelajaran. Pedoman wawancara siswa difokuskan pada pengalaman belajar, tingkat pemahaman konsep, keaktifan selama pembelajaran, serta tanggapan terhadap penggunaan media PHET.

Selain wawancara, data juga dikumpulkan melalui angket respon siswa menggunakan skala Likert lima tingkat, yaitu sangat setuju, setuju, netral, tidak setuju, dan sangat tidak setuju. Angket digunakan untuk memperoleh informasi mengenai persepsi siswa terhadap kemudahan penggunaan media PHET, pemahaman konsep matematika, motivasi belajar, dan keterlibatan siswa selama proses pembelajaran. Dokumentasi digunakan sebagai data pendukung berupa foto kegiatan pembelajaran, hasil observasi, serta dokumen lain yang relevan dengan penelitian.

Analisis data dilakukan menggunakan model Miles dan Huberman yang meliputi tiga tahapan, yaitu reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Pada tahap reduksi data, peneliti menyeleksi, mengelompokkan, dan menyederhanakan data yang diperoleh dari observasi, wawancara, angket, dan dokumentasi. Selanjutnya, data disajikan dalam bentuk uraian naratif, tabel, dan ringkasan hasil temuan untuk memudahkan proses interpretasi. Tahap terakhir dilakukan dengan menarik kesimpulan berdasarkan pola, tema, dan hubungan yang ditemukan dari seluruh data penelitian.

Keabsahan data dilakukan melalui triangulasi teknik dengan membandingkan hasil observasi, wawancara, angket, dan dokumentasi. Triangulasi dilakukan untuk memastikan konsistensi informasi yang diperoleh dari berbagai sumber dan teknik pengumpulan data sehingga meningkatkan kredibilitas dan kepercayaan terhadap hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil penelitian diperoleh melalui observasi aktivitas siswa, angket respon siswa, wawancara guru, wawancara siswa, serta dokumentasi hasil belajar selama penerapan pendekatan *deep learning* berbasis media PHET pada pembelajaran matematika di kelas XI SMA Chartar Buana Jakarta.

Aktivitas Siswa Selama Pembelajaran

Aktivitas siswa diamati menggunakan lembar observasi dengan skala penilaian 1-4, yaitu 1 = Kurang, 2 = Cukup, 3 = Baik, dan 4 = Sangat Baik. Hasil observasi menunjukkan bahwa siswa terlibat aktif selama pembelajaran menggunakan media PHET. Rata-rata skor aktivitas siswa sebesar 3,41 yang termasuk kategori

Sangat Baik. Adapun aktivitas siswa selama pembelajaran menggunakan media PHET dan data hasil observasi dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1.



Gambar 1. Kegiatan pembelajaran matematika melalui media PHET

Tabel 1. Hasil Observasi Aktivitas Siswa

No	Indikator Aktivitas	Rata-rata Skor
1	Memperhatikan penjelasan guru	3,56
2	Mengoperasikan media PHET sesuai petunjuk	3,38
3	Berpartisipasi dalam diskusi kelompok	3,47
4	Mengajukan pertanyaan terkait materi	3,28
5	Menjawab pertanyaan guru	3,12
6	Mengemukakan pendapat	3,28
7	Mengeksplorasi fitur PHET	3,53
8	Menyelesaikan tugas pembelajaran	3,62
9	Menunjukkan antusiasme belajar	3,44
10	Menarik kesimpulan pembelajaran	3,44
	Rata-rata Keseluruhan	3,41

Berdasarkan Tabel 1, aktivitas tertinggi terdapat pada indikator menyelesaikan tugas pembelajaran (3,62), memperhatikan penjelasan guru (3,56), dan mengeksplorasi fitur PHET (3,53). Temuan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan media PHET mampu mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran.

Respon Siswa terhadap Penggunaan Media PHET

Respon siswa diukur menggunakan angket skala Likert 1-5, yaitu 1 = Sangat Tidak Setuju, 2 = Tidak Setuju, 3 = Netral, 4 = Setuju, dan 5 = Sangat Setuju. Hasil analisis menunjukkan rata-rata skor respon siswa sebesar 4,16 yang termasuk kategori **Setuju**. Adapun hasil respon siswa terhadap penggunaan media PHET dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Angket Respon Siswa

No	Indikator	Rata-rata Skor
1	Media PHET mudah digunakan	4,39
2	PHET membantu memahami materi matematika	4,33
3	Pembelajaran lebih menyenangkan	4,30
4	Tampilan media menarik	4,21
5	Membantu memahami hubungan antar konsep	4,21
6	Meningkatkan ketertarikan mengikuti pembelajaran	4,21
7	Membantu efektivitas pembelajaran	4,21
8	Kepuasan terhadap penggunaan PHET	4,21
	Rata-rata Keseluruhan	4,16

Data tersebut menunjukkan bahwa siswa memberikan respon positif terhadap penggunaan media PHET. Skor tertinggi terdapat pada indikator kemudahan penggunaan media (4,39) dan kemampuan PHET membantu memahami materi matematika (4,33).

Hasil Wawancara Guru

Hasil wawancara terhadap guru matematika menunjukkan bahwa media PHET membantu menjelaskan konsep-konsep matematika yang bersifat abstrak sehingga lebih mudah dipahami siswa. Adapun kegiatan wawancara dengan guru matematika kelas XI SMA Chartar Buana Jakarta dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kegiatan wawancara dengan guru matematika kelas XI SMA Chartar Buana Jakarta

Salah satu guru menyatakan: “Sebelum menggunakan PHET, siswa lebih banyak menghafal rumus dan sulit memahami hubungan antar konsep. Setelah menggunakan PHET, siswa lebih mudah memahami materi karena dapat melihat perubahan secara langsung melalui simulasi.”

Guru lain juga menyampaikan: “Penggunaan PHET membuat siswa lebih aktif bertanya dan berdiskusi. Mereka tidak hanya menerima informasi dari guru, tetapi mencoba mencari jawaban melalui eksplorasi simulasi yang tersedia.”

Temuan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan PHET membantu guru memvisualisasikan konsep matematika yang abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami siswa.

Hasil Wawancara Siswa

Hasil wawancara terhadap 33 siswa menunjukkan bahwa sebagian besar siswa memberikan tanggapan positif terhadap penggunaan media PHET. Siswa menyatakan bahwa pembelajaran menjadi lebih menarik, interaktif, dan tidak membosankan. Simulasi yang tersedia membantu mereka memahami konsep matematika melalui visualisasi yang lebih nyata.

Selain itu, siswa merasa lebih mudah memahami hubungan antar konsep karena dapat melihat perubahan variabel secara langsung melalui simulasi. Siswa juga menyatakan bahwa penggunaan PHET memberikan kesempatan untuk melakukan eksplorasi secara mandiri sehingga pembelajaran menjadi lebih aktif dan bermakna. Adapun kegiatan wawancara dengan murid mengenai pembelajaran matematika melalui media PHET dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kegiatan wawancara dengan siswa kelas XI SMA Chartar Buana Jakarta

Meskipun demikian, beberapa siswa menyampaikan kendala berupa koneksi internet yang kurang stabil dan waktu adaptasi pada awal penggunaan media. Namun secara umum siswa berharap media PHET tetap digunakan dalam pembelajaran berikutnya.

Hasil Belajar Siswa

Selain memberikan dampak positif terhadap proses pembelajaran, penerapan pendekatan *deep learning* berbasis media PHET juga menunjukkan peningkatan hasil belajar siswa. Adapun perbandingan hasil belajar siswa sebelum penerapan media PHET dan setelah penerapan PHET dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Belajar Siswa

Indikator	Sebelum Penerapan	Setelah Penerapan
Rata-rata Nilai	65,33	87,32
Ketuntasan Belajar	Belum mencapai KKM	100% Tuntas

Berdasarkan Tabel 3, rata-rata nilai siswa meningkat dari 65,33 menjadi 87,32. Selain itu, seluruh siswa telah mencapai ketuntasan belajar sesuai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yang ditetapkan sekolah, yaitu 78.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan pendekatan *deep learning* berbasis media PHET memberikan dampak positif terhadap proses pembelajaran matematika. Temuan ini didukung oleh hasil observasi yang menunjukkan rata-rata aktivitas siswa sebesar 3,41 dengan kategori sangat baik. Aktivitas siswa terlihat pada keterlibatan dalam diskusi, eksplorasi simulasi, penyelesaian tugas, dan kemampuan menarik kesimpulan selama pembelajaran berlangsung.

Hasil angket siswa juga menunjukkan respon positif terhadap penggunaan media PHET dengan rata-rata skor sebesar 4,16. Siswa menilai bahwa media PHET mudah digunakan, membantu memahami materi matematika, serta menjadikan pembelajaran lebih menarik dan interaktif. Temuan ini diperkuat oleh hasil wawancara siswa yang menyatakan bahwa simulasi PHET membantu memvisualisasikan konsep-konsep matematika yang sebelumnya sulit dipahami.

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian (Indah Rizky Dwiyanti & Nurafni, 2023) yang menyatakan bahwa penggunaan PHET *Interactive Simulation* mampu meningkatkan pemahaman konsep matematika siswa. Visualisasi interaktif yang tersedia pada PHET membantu siswa memahami hubungan antar konsep secara lebih jelas sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna.

Hasil wawancara guru menunjukkan bahwa penggunaan PHET membantu menjelaskan konsep-konsep matematika yang abstrak seperti fungsi, grafik, dan hubungan antar variabel. Guru juga menyatakan bahwa siswa menjadi lebih aktif bertanya dan berdiskusi selama pembelajaran berlangsung. Temuan ini mendukung penelitian (Amir et al., 2026) yang menyimpulkan bahwa penggunaan PHET *Interactive Simulations* berpengaruh positif terhadap pemahaman konsep siswa karena mampu menyajikan representasi visual yang memudahkan proses pembelajaran.

Dari aspek hasil belajar, rata-rata nilai siswa meningkat dari 65,33 menjadi 87,32 setelah penerapan pendekatan *deep learning* berbasis media PHET. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan media PHET tidak hanya mendukung aktivitas belajar siswa, tetapi juga membantu siswa memahami materi matematika secara lebih baik. Melalui simulasi interaktif, siswa dapat menghubungkan konsep yang dipelajari dengan representasi visual sehingga pemahaman yang diperoleh menjadi lebih mendalam.

Secara teoritis, hasil penelitian ini sesuai dengan karakteristik pendekatan *deep learning* yang menekankan keterlibatan aktif siswa, pemahaman konseptual, eksplorasi pengetahuan, dan pembelajaran yang bermakna. Penggunaan media PHET memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan eksplorasi, mengamati perubahan variabel, dan membangun pemahaman berdasarkan pengalaman belajar secara langsung.

Temuan penelitian ini juga sejalan dengan penelitian (Sofa et al., 2025) yang menyatakan bahwa integrasi pendekatan *deep learning* dengan simulasi PHET efektif dalam meningkatkan kualitas proses pembelajaran. Selain itu, penelitian (Laila & Anggaryani, 2021) menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual berbasis PHET

mampu meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran dan membantu pemahaman konsep melalui pengalaman belajar yang lebih interaktif.

Dengan demikian, penerapan pendekatan *deep learning* berbasis media PHET dapat menjadi alternatif pembelajaran yang efektif untuk mendukung pemahaman konsep matematika, meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran, serta meningkatkan hasil belajar siswa di kelas XI SMA Chartar Buana Jakarta.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan pendekatan *deep learning* berbasis media PHET pada pembelajaran matematika di kelas XI SMA Chartar Buana Jakarta memperoleh respon positif dari siswa dan guru. Hasil observasi menunjukkan bahwa siswa terlibat aktif selama proses pembelajaran, sedangkan hasil angket menunjukkan bahwa siswa memberikan tanggapan positif terhadap penggunaan media PHET, terutama dalam membantu memahami materi matematika dan menciptakan pembelajaran yang lebih menarik serta interaktif.

Hasil wawancara dengan guru menunjukkan bahwa media PHET membantu memvisualisasikan konsep-konsep matematika yang bersifat abstrak sehingga lebih mudah dipahami oleh siswa. Sementara itu, hasil wawancara dengan siswa menunjukkan bahwa penggunaan PHET memberikan pengalaman belajar yang lebih aktif melalui kegiatan eksplorasi dan diskusi selama pembelajaran berlangsung.

Selain itu, data hasil belajar menunjukkan adanya perbedaan rata-rata nilai siswa sebelum dan sesudah penerapan pembelajaran berbasis media PHET. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan media PHET berpotensi mendukung proses pembelajaran matematika yang lebih bermakna. Dengan demikian, penerapan pendekatan *deep learning* berbasis media PHET dapat menjadi salah satu alternatif dalam mendukung pembelajaran matematika yang interaktif, berpusat pada siswa, dan membantu pemahaman konsep matematika.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, penelitian dilaksanakan pada satu kelas di SMA Chartar Buana Jakarta sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan pada populasi yang lebih luas. Kedua, penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang berfokus pada observasi, wawancara, angket, dan dokumentasi sehingga belum secara khusus mengukur pengaruh penggunaan media PHET terhadap variabel tertentu, seperti kemampuan berpikir kritis, kemampuan pemecahan masalah, atau motivasi belajar siswa. Ketiga, pelaksanaan pembelajaran masih menghadapi kendala teknis berupa keterbatasan perangkat dan kualitas jaringan internet yang berbeda pada masing-masing siswa. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain penelitian yang melibatkan kelompok pembanding atau instrumen pengukuran yang lebih spesifik sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai penggunaan media PHET dalam pembelajaran matematika.

Daftar Pustaka

- Agus, I. K., Saputra, P., Suryawan, I. P. P., & Pujawan, I. G. N. (2026). *DEEP LEARNING IN IMPROVING STUDENTS' MATHEMATICAL CRITICAL THINKING: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW*. Universitas Pendidikan Ganesha, Bali, Indonesia. 13(2), 203–223. <https://doi.org/10.36085/math-umb.edu.v13i2.9994>
- Amir, M. I. T., Hertanti, E., & Suwarna, I. P. (2026). Pengaruh PhET Interactive Simultions terhadap Pemahaman Konsep Siswa pada Materi Termodinamika. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 14(1), 121–130. <https://doi.org/10.21831/jpms.v14i1.91208>
- Dewi Izwita, Hasratuddin, Ade Andriani, & Nurhasanah Siregar. (2025). Perancangan Pembelajaran Matematika Menggunakan Pendekatan Deep Learning. *Jurnal Fibonacci: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(1), 106–115. <https://doi.org/10.24114/jfi.v6i1.66406>
- Ica Nurhikmah, Erna Suwangsing, W. M. (2025). *Pengaruh Model Problem Based Learning Berbantuan Media PHET terhadap Peningkatan Kemampuan Pemahaman Matematis Siswa Sekolah Dasar*. 10(September). <https://doi.org/https://doi.org/10.23969/jp.v10i3.27828>
- Indah Rizky Dwiyanti, & Nurafni. (2023). PHET Interactive Simulation Media Improves Students' Understanding of Mathematical Concepts in Integer Material. *MIMBAR PGSD Undiksha*, 11(2), 191–197. <https://doi.org/10.23887/jjgsd.v11i2.64417>

- Laila, S. I., & Anggaryani, M. (2021). The Use of STEM-Based Virtual Laboratory (PhET) of Newton's Law to Improve Students' Problem Solving Skills. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(2), 125-133. <https://doi.org/10.26618/jpf.v9i2.5078>
- Nurjannah, K., & Ramlah. (2025). Pendekatan Deep Learning dalam Pendidikan Matematika: Sebuah Systematic Review tentang Dampaknya terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa. *Didactical Mathematics*, 7(2), 603-617. <https://doi.org/10.31949/dm.v7i2.16283>
- permana,Jeni, M., & Dkk. (2015). Jurnal Pendidikan Matematika Jurnal Pendidikan Matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 2(3), 41-60. <https://doi.org/https://doi.org/10.23960/mtk/v13i1.pp9-25>
- Prihantoro. (2025). Implementation of Deep Learning in Education: Towards Mindful, Meaningful, and Joyful Learning Experiences. *Journal of Deep Learning*, 1(1), 11-24. <https://doi.org/10.23917/jdl.v1i1.11157>
- Pujawati, F., Azkia, M. N., & Susilawati, W. (2025). Exploration of the Implementation of Deep Learning Approach in Teaching Mathematics in Secondary Schools. *Unnes Journal of Mathematics Education*, 14(2), 98-105. <https://doi.org/10.15294/ujme.v14i2.27374>
- Salma, E. (2025). *The Application of Deep Learning Approaches in Mathematics Learning: A Literature Review Study*. 9(2), 235-243. <https://doi.org/10.22219/mej.v9i2.43853>
- Siagian, A. W., Daffa Alghazali, M. S., & Alify, R. F. (2023). Menuju Transisi Energi 2050: Quo Vadis Energi Baru dan Terbarukan. *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*, 9(1), 187-202. <https://doi.org/10.38011/jhli.v9i1.471>
- Sofa, E. L., Saptanigrum, E., Khoiri, N., Kurniawan, A. F., & Ristanto, S. (2025). Effectiveness of Integrating Deep Learning into Problem-Based Learning with PhET Simulations to Enhance Students' Problem-Solving Skills. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 13(3), 416-428. <https://doi.org/10.26618/ttrea958>
- Yekti, V., Gusti, K., & Amastini, F. (2025). BRIDGING PEDAGOGY AND AI : A SYSTEMATIC REVIEW OF DEEP LEARNING IN MATHEMATICS EDUCATION. 11(2), 141-156. <https://doi.org/10.33474/jpm.v11i2.24319>