Penerapan materi garis bilangan bulat dengan menggunakan *software* virtual lab PhET (*Physics Education Technology)* pada siswa SMPS IMELDA

Dzar Dzahira Aziz[1], Reka Bayu[2], Sabam Isay Sianipar[3], & Suwanto[4*]
[1,2,3] Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Medan, Kota Medan, 20221, Indonesia
*Corresponding Author: suwanto89@unimed.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak penerapan simulasi berbasis PhET (Physics Education Technology) terhadap capaian pembelajaran siswa dalam topik garis bilangan di SMPS Imelda Medan. PhET, yang merupakan rangkaian simulasi digital berbasis web, dirancang untuk meningkatkan pemahaman konsep sains dan matematika secara interaktif. Studi ini mengadopsi pendekatan kuasi-eksperimental dengan pembagian subjek menjadi dua kelompok: kelas eksperimen (VIIa), yang memanfaatkan PhET sebagai alat bantu pembelajaran, dan kelas kontrol (VIIc), yang menjalankan proses belajar dengan pendekatan tradisional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai post-test kelas kontrol (83,6) sedikit lebih tinggi dibandingkan kelas eksperimen (80,3). Namun, analisis terhadap respon siswa menunjukkan bahwa siswa di kelas kontrol lebih antusias (90%) dibandingkan dengan siswa kelas eksperimen (84%). Meskipun simulasi PhET tidak menunjukkan dampak signifikan terhadap peningkatan hasil post-test, media ini memberikan keuntungan dalam memvisualisasikan konsep abstrak dan mendukung pembelajaran berbasis eksplorasi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa simulasi PhET berpotensi meningkatkan pemahaman konsep jika digunakan dengan optimal. Saran diberikan untuk mengkombinasikan metode tradisional dan media interaktif, serta melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengevaluasi pengaruh jangka panjang penggunaan PhET terhadap hasil belajar siswa.

Abstract

This study aims to evaluate the impact of implementing PhET-based simulations (Physics Education Technology) on students' learning outcomes in the topic of number lines at SMPS Imelda Medan. PhET, a series of web-based digital simulations, is designed to enhance the understanding of science and mathematics concepts interactively. This study adopts a quasi-experimental approach, dividing the subjects into two groups: the experimental class (VIIa), which utilizes PhET as a learning tool, and the control class (VIIc), which follows traditional teaching methods. The results of the study show that the average post-test score of the control class (83.6) is slightly higher than that of the experimental class (80.3). However, analysis of student responses indicates that students in the control class were more enthusiastic (90%) compared to those in the experimental class (84%). Although PhET simulations did not show a significant impact on the improvement of post-test scores, this media offers advantages in visualizing abstract concepts and supporting exploration-based learning. The study concludes that PhET simulations have the potential to enhance conceptual understanding when used optimally. Recommendations are made to combine traditional methods with interactive media, and further research is suggested to evaluate the long-term effects of PhET usage on student learning outcomes.

Citation: Aziz, D. D. (2025). Penerapan materi garis bilangan bulat dengan menggunakan software virtual lab PhET (Physics Education Technology) pada siswa SMPS IMELDA. Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2025. 678 – 683.

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan elemen esensial yang tidak dapat dipisahkan dari eksistensi manusia. Sebagaimana yang diungkapkan oleh Ki Hajar Dewantara (1962), pendidikan berperan sebagai panduan dalam proses pertumbuhan kehidupan anak-anak, dengan tujuan mengarahkan seluruh potensi alami yang mereka miliki. Hal ini dilakukan agar mereka dapat mencapai kesejahteraan dan kebahagiaan optimal, baik sebagai individu maupun sebagai bagian dari masyarakat. Dalam perspektif Dewantara, pendidikan tidak terbatas pada pengajaran formal di institusi sekolah, tetapi juga melibatkan pembinaan moral dan spiritual untuk membentuk kepribadian yang holistik. Proses pendidikan yang efektif mencakup penanaman kemampuan belajar, pengembangan keterampilan mengingat, pelatihan berpikir kritis, pemberdayaan motivasi intrinsik, serta terciptanya interaksi dinamis antara pendidik dan peserta didik.

Pendidikan sendiri adalah salah satu hal kunci untuk perkembangan sebuah negara. Dimana ketika pendidikan di suatu negara itu bagus maka sdm atau pola pikir masyarakatnya pasti sudah memadai untuk dibuatnya pengembangan teknologi. Di zaman modern ini teknologi sudah sangat memadai dalam aspek penelitian, industri, bisnis, senjata bahkan teknlogi sangat membantu memfasilitasi berjalannya suatu pendidikan. Pemerintah telah mengimplementasikan berbagai strategi untuk meningkatkan kualitas pendidikan nasional. Salah satu upaya yang dilakukan meliputi penyelenggaraan program pelatihan intensif bagi para pendidik guna memperkuat kemampuan mereka dalam proses pembelajaran. Selain itu, pemerintah juga memberikan insentif lebih, seperti program sertifikasi guru, dan menyediakan beasiswa untuk mendukung pengembangan kompetensi guru melalui pendidikan lanjutan. Di sisi lain, kurikulum terus

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

diperbarui agar selaras dengan kebutuhan peserta didik serta tuntutan zaman, sebagaimana terlihat dalam transisi dari Kurikulum 2013 ke Kurikulum Merdeka.

Pada Kurikulum Merdeka, siswa didorong untuk menjadi individu yang lebih mandiri, inovatif, dan kreatif. Proses pembelajaran tidak hanya berfokus pada transfer informasi dari guru, tetapi juga mendorong siswa untuk secara aktif mencari dan mengolah informasi dari berbagai sumber di luar lingkungan sekolah. Untuk mendukung pembelajaran mandiri ini, siswa diharapkan mampu memanfaatkan teknologi dan sumber daya di lingkungan sekitar secara optimal, termasuk dalam mengevaluasi validitas informasi yang diperoleh. Pada tingkat pendidikan menengah, pembelajaran ilmu pengetahuan alam diarahkan untuk membangun keterampilan, wawasan, serta kesadaran terhadap teknologi, dengan penekanan pada penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

Salah satu contoh teknologi membantu dalam memfasilitasi pendidikan adalah software Virtual lab PhET adalah singkatan dari Physics Education Technology, yaitu sebuah proyek Pendidikan yang dirancang oleh University of Colorado Boulder, PhET, menghadirkan platform simulasi interaktif berbasis komputer yang dirancang untuk memfasilitasi pembelajaran dalam bidang sains dan matematika. Simulasi-simulasi ini dirancang agar mudah digunakan oleh siswa dan guru, dengan fokus pada pembelajaran melalui eksplorasi dan eksperimen virtual. Dengan bantuan PhET ini para siswa bisa mengetahui atau menemukan apa fungsi atau manfaat setelah mereka mempelajari matrei tersebut, dengan belajar menggunakan teknologi seperti PhET ini harusnya dapat menambah semangat para siswa dalam belajar karena mereka tidak akan melihat sesuatu yang monoton atau membosankan. Dalam proses pembelajaran, situs *PhET Interactive Simulations* berperan signifikan dalam membantu siswa memahami materi baru, membangun konsep atau keterampilan, memperkuat logika dan pola pikir, serta menyediakan hasil evaluasi dan refleksi. Selain itu, platform ini juga memfasilitasi komunikasi antara siswa dan guru melalui visualisasi yang komprehensif. Simulasi-simulasi PhET dirancang untuk mengintegrasikan pemahaman siswa tentang kehidupan sehari-hari dengan prinsip-prinsip matematis yang mendasarinya. Lebih jauh, simulasi ini memiliki desain yang sangat interaktif dan atraktif karena memberikan animasi sebagai umpan balik yang responsif bagi penggunanya.

Salah satu keunggulan signifikan dari simulasi PhET adalah kemampuannya menyediakan peluang bagi peserta didik untuk terlibat secara langsung dengan visualisasi dinamis. Hal ini memungkinkan peserta didik memusatkan perhatian mereka pada eksplorasi berbasis permainan, menawarkan respons yang cepat, serta menyajikan berbagai representasi. Selain itu, simulasi ini berkontribusi pada pembentukan pemahaman yang mendalam terkait visualisasi fenomena dan memperkuat koneksi antar berbagai konsep pengetahuan.Dalam penyelesaian masalah, pemanfaatan PhET sebagai laboratorium virtual mampu memperluas akses peserta didik untuk mengembangkan konsep serta merepresentasikannya secara efektif. Selain itu, laboratorium virtual memiliki keunggulan dibandingkan laboratorium fisik karena menyediakan respons yang akurat dan mempermudah proses perancangan rangkaian. Salah satu studi yang menggunakan PhET dilakukan pada topik garis bilangan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan PhET memungkinkan peserta didik untuk mengeksplorasi simulasi secara bebas dan intuitif, sekaligus mendorong mereka untuk berpikir layaknya seorang peneliti, sehingga mempermudah pemahaman terhadap gagasan-gagasan ilmiah.

Mengacu pada berbagai studi, penerapan PhET Interactive Simulation sebagai sarana pembelajaran berbasis virtual menunjukkan perbedaan efek yang signifikan dibandingkan dengan penggunaan media konvensional berbasis fisik. Hal ini terbukti dari temuan yang mengungkapkan bahwa siswa yang memanfaatkan laboratorium virtual cenderung mencapai skor yang lebih tinggi dalam penguasaan konsep dan prestasi akademik dibandingkan dengan mereka yang menggunakan laboratorium fisik tradisional. Dalam sejumlah penelitian terkait, misalnya mengenai konsep rangkaian listrik, ditemukan bahwa peserta didik yang menggunakan simulasi PhET menunjukkan performa akademik dengan rata-rata nilai lebih tinggi dibandingkan mereka yang menggunakan perangkat eksperimen nyata. Meskipun mayoritas studi mengindikasikan bahwa penggunaan PhET memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan laboratorium konvensional, terdapat pula penelitian yang menyimpulkan tidak adanya perbedaan signifikan antara penggunaan PhET dan laboratorium fisik dalam mendukung pembelajaran.

Namun, terdapat perbedaan kontribusi yang signifikan, di mana siswa dalam kelompok yang menggunakan simulasi tidak perlu mengalokasikan banyak waktu untuk aktivitas yang berkaitan dengan prosedur laboratorium maupun tantangan teknis serta kerja manual. Hal ini memungkinkan siswa memiliki lebih banyak kesempatan untuk fokus pada proses berpikir, analisis, dan diskusi. Berdasarkan berbagai penelitian, penggunaan media PhET sebenarnya sangat ideal jika dipadukan dengan eksperimen langsung. Hal ini disebabkan oleh kemampuan PhET dalam mempermudah pemahaman konsep. Selain itu, PhET terbukti efektif sebagai alternatif pengganti laboratorium konvensional. Dalam situasi yang mendukung, simulasi dapat berfungsi dengan sangat efisien untuk menggantikan peralatan laboratorium fisik. Simulasi PhET merupakan salah satu perangkat lunak edukasi yang tengah mendapatkan perhatian luas pada saat ini, yang menyajikan berbagai fenomena fisika berbasis riset secara gratis, interaktif, dan mampu menggambarkan konsep-konsep secara konkrit (Fitriastuti dan Ishafit, 2016).

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Dasar pertimbangan pemanfaatan simulasi PhET mencakup beberapa aspek sebagai berikut: (1) simulasi PhET berfungsi sebagai model pembelajaran interaktif yang memungkinkan peserta didik, baik siswa maupun mahasiswa, untuk mempelajari materi kapan saja, dengan kesempatan untuk mengulang materi hingga memperoleh pemahaman konsep secara mendalam. Simulasi ini juga mendukung peserta didik dalam menjalani proses pembelajaran secara mandiri, mendorong mereka untuk memahami fenomena alam melalui aktivitas ilmiah, serta meniru metode para ilmuwan dalam merumuskan fakta, konsep, hukum, atau prinsip-prinsip matematika yang tidak terlihat secara langsung, (2) mayoritas siswa atau mahasiswa sudah memiliki perangkat komputer atau laptop yang dapat digunakan untuk mengakses program simulasi PhET melalui jaringan internet, dan (3) penelitian terdahulu menunjukkan keberhasilan penggunaan simulasi komputer dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik (McKagan et al., 2008; Ingerman et al., 2007).

Beberapa kajian yang mengkaji penerapan modul praktikum terhadap hasil belajar antara lain: (1) Nurmaningsih & Dafrita (2018) mengungkapkan bahwa penggunaan modul praktikum Kalkulus Integral berbasis aplikasi WxMaxima berpengaruh terhadap peningkatan kemampuan pemahaman konsep mahasiswa; (2) Wasiran (2017) menjelaskan bahwa penerapan modul praktikum dengan bantuan software MATLAB terbukti sangat efektif dalam meningkatkan pemahaman dan representasi materi matematika mahasiswa secara signifikan, serta menunjukkan sikap positif mahasiswa terhadap pemberian praktikum dalam mata kuliah matematika teknik kimia; dan (3) Tjiptiany, As'ari, dan Muksar (2016) menegaskan bahwa modul pembelajaran berbasis inkuiri menunjukkan efektivitas dalam proses pembelajaran. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh...

METODE PENELETIAN

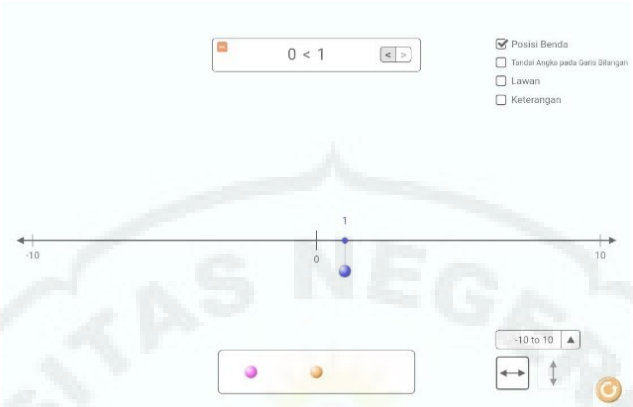
Penelitian ini dilakukan di SMPS IMELDA Medan pada semester ganjil tahun ajaran 2024/2025, sedangkan sampel yang digunakan adalah adalah siswa kelas VIIa dan kelas VIIc. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pemahaman siswa terhadap konsep garis bilangan dengan memanfaatkan simulasi PhET dan melakukan perbandingan hasil pembelajaran antara dua kelompok kelas yang berbeda. Langkah-langkah yang ditempuh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut; Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan simulasi PhET terhadap pemahaman siswa mengenai konsep garis bilangan. Simulasi PhET "Number Line" digunakan untuk membantu siswa mempelajari angka, perbandingan angka, serta operasi dasar seperti penjumlahan dan pengurangan. Penelitian ini mengadopsi desain eksperimen kuasi-eksperimental dengan dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen yang menggunakan PhET dan kelompok kontrol yang mengikuti metode pembelajaran konvensional. Kedua kelompok diberikan materi yang sama dan hasil pembelajaran dibandingkan melalui observasi dan kuis. Siswa di kelas eksperimen memanfaatkan simulasi untuk memvisualisasikan konsep garis bilangan, sementara siswa di kelas kontrol hanya mengikuti penjelasan materi dan latihan soal tanpa simulasi. Data dianalisis menggunakan teknik statistik untuk mengetahui apakah ada perbedaan signifikan dalam pencapaian pembelajaran antara kedua kelompok. Selain itu, observasi dilakukan untuk mengevaluasi tingkat partisipasi dan respons siswa terhadap pendekatan pembelajaran yang diterapkan.

Temuan dari penelitian ini akan disajikan dalam format tabel guna mengevaluasi apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok yang dibandingkan. Selain itu, pendekatan analisis kualitatif juga diterapkan untuk menggambarkan pengalaman belajar siswa yang menggunakan media PhET Simulation dan yang tidak menggunakannya. Hasil penelitian ini akan dimanfaatkan untuk mengukur efektivitas penerapan simulasi PhET dalam pengajaran konsep garis bilangan, dengan membandingkan hasilnya dengan metode pengajaran konvensional. Faktor eksternal antara lain biasanya faktor keluarga, sekolah , dan masyrakat. Faktor keluarga yaitu cara mengajar anaknya. Biasanya juga dalam keluarga paling banyak yaitu masalah ekonomi dalam keluarga yang membebani seorang siswa. Apabila dalam keluarga kekurangan ekonomi dalam keluarga maka fasilitas anak dalam pendidikan pasti kurang lengkap. Faktor sekolah biasanya dalam faktor ini itu cara metode pembelajarannya. Metode belajar yang kurang baik karena gurunya tidak pintar dalam menyampaikan materinya dan gurunya tidak menguasai materi yang iningn di sampaikan. Shingga muridnya kurang paham dalam Pelajaran dan malas kepada pelajaran yang di bawakan oleh guru tersebut (Susilo, 2006). Faktor masyarakat apabila siswa terlalau banyak melakukan kegiatan pada masyrakat maka siswa kurang dalam pendidikan karena terlalu sibuk dalam kegiatannya dan tidak bbisa mengatur waktunya (Susilo, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan simulasi PhET dapat memberikan kemudahan bagi pendidik dalam menyampaikan materi pelajaran kepada peserta didik, khususnya dalam menjelaskan konsep-konsep abstrak yang dapat langsung disimulasikan. Dengan menggunakan simulasi ini, berbagai fenomena yang sulit diamati dalam eksperimen laboratorium konvensional dapat divisualisasikan secara lebih jelas. PhET dapat diakses baik secara daring maupun luring, menawarkan desain grafis yang menarik dengan pemilihan warna yang mencerminkan karakteristik bahan atau alat sesuai dengan bentuk aslinya, seperti

yang ditemukan dalam eksperimen laboratorium sesungguhnya. Ilustrasi berikut ini menunjukkan hasil eksperimen dalam berbagai disiplin ilmu sains, yaitu fisika, kimia, dan biologi.



Gambar 1. Simulasi Pembelajaran Garis Bilangan.

Simulasi PhET merupakan salah satu inovasi dalam pendidikan yang memungkinkan siswa untuk belajar secara interaktif melalui representasi grafis dinamis atau animasi. Dalam hal ini, simulasi PhET dirancang menyerupai permainan, yang memungkinkan siswa untuk melakukan eksplorasi langsung terhadap materi yang diajarkan oleh pendidik di sekolah. Fitur interaktif ini mengedepankan hubungan antara fenomena yang terjadi di dunia nyata dengan model komputer, yang disajikan dalam bentuk model konseptual yang mudah dipahami oleh siswa. Seperti yang dijelaskan oleh Wuryaningsih (2014), simulasi ini mampu memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang konsep-konsep fisika, kimia, biologi, dan matematika, karena menghubungkan teori dengan aplikasi nyata secara visual dan menyenangkan. Dalam penelitian ini, kami mengeksplorasi penggunaan simulasi PhET dalam kelas dan membandingkan hasilnya dengan kelas yang tidak menggunakan media tersebut.

Penelitian ini dilakukan pada dua kelas berbeda di SMPS IMELDA Medan, yaitu kelas 7A sebagai kelompok eksperimen yang menggunakan simulasi PhET dan kelas 7C sebagai kelompok kontrol yang mengikuti metode pembelajaran konvensional tanpa menggunakan PhET. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis apakah penggunaan simulasi PhET memberikan dampak yang signifikan terhadap hasil pembelajaran siswa dalam topik garis bilangan. Dalam penelitian ini, PhET berfungsi sebagai alat bantu pembelajaran yang memungkinkan siswa untuk belajar tentang konsep angka, perbandingan angka, serta operasi dasar seperti penjumlahan dan pengurangan pada garis bilangan dengan cara yang interaktif dan visual.

Simulasi PhET yang digunakan dalam penelitian ini adalah "Number Line", yang dapat diakses melalui situs resmi PhET. Simulasi ini memungkinkan siswa untuk menggeser titik pada garis bilangan, menandai angka-angka, serta memvisualisasikan jarak antar angka dengan cara yang lebih intuitif. Hal ini memberikan keuntungan dalam memperjelas konsep garis bilangan yang abstrak, sehingga siswa dapat lebih mudah memahami hubungan antara angka-angka tersebut. Sebaliknya, kelas kontrol menggunakan metode pembelajaran konvensional yang hanya melibatkan penjelasan materi menggunakan papan tulis dan latihan soal tanpa bantuan simulasi. Meskipun metode konvensional ini sudah terbukti efektif, penelitian ini ingin melihat apakah penggunaan media PhET dapat memberikan tambahan nilai dalam hal pemahaman dan keterlibatan siswa.

Sebagai bagian dari evaluasi, penelitian ini juga melibatkan pemberian tes potensi kepada kedua kelompok setelah proses pembelajaran. Hasil tes menunjukkan bahwa rata-rata nilai post-test siswa di kelas eksperimen yang menggunakan simulasi PhET adalah 80,3, sedangkan kelas kontrol yang tidak menggunakan PhET memiliki rata-rata nilai post-test 83,6. Meskipun hasil post-test menunjukkan nilai yang sedikit lebih tinggi pada kelompok kontrol, perbedaan ini tidak signifikan, yang menunjukkan bahwa penggunaan PhET tidak memberikan dampak besar pada peningkatan nilai tes secara langsung. Namun, analisis terhadap respons siswa menunjukkan perbedaan yang lebih mencolok. Siswa di kelas eksperimen menunjukkan tingkat keterlibatan yang lebih rendah (84%) dibandingkan dengan siswa di kelas kontrol (90%).

Salah satu temuan penting dalam penelitian ini adalah bahwa siswa yang menggunakan media PhET memiliki rata-rata nilai post-test yang lebih rendah (80,3) dibandingkan dengan siswa yang menggunakan metode pembelajaran konvensional (83,6). Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan. Pertama, meskipun simulasi PhET dirancang untuk memperdalam pemahaman konsep melalui visualisasi interaktif, siswa mungkin memerlukan waktu adaptasi yang lebih lama untuk benar-benar memahami cara menggunakan simulasi secara efektif. Sebagian siswa mungkin merasa kesulitan dalam mengoperasikan simulasi atau tidak sepenuhnya memanfaatkan potensi

fitur interaktif yang disediakan oleh PhET (Wuryaningsih, 2014). Kesulitan ini dapat mengganggu fokus siswa pada materi yang diajarkan, sehingga mengurangi efektivitas pembelajaran.

Selain itu, ketergantungan pada teknologi dan interaksi digital dapat mengalihkan perhatian siswa dari konsep-konsep yang lebih mendalam, karena mereka lebih terfokus pada eksplorasi fitur-fitur simulasi daripada pada pemahaman konseptual yang sesungguhnya. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa teknologi yang digunakan dalam pembelajaran, jika tidak didampingi dengan panduan yang jelas, dapat mengurangi efektivitas pembelajaran, terutama jika siswa tidak terbiasa dengan pendekatan pembelajaran berbasis teknologi (Bebell & O'Dwyer, 2010). Oleh karena itu, meskipun PhET berpotensi meningkatkan pemahaman, pengoptimalan penggunaannya sangat penting agar dapat memberikan dampak yang lebih signifikan terhadap hasil belajar.

Hasil ini membuka peluang untuk mempertimbangkan faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil pembelajaran, seperti tingkat motivasi dan antusiasme siswa. Siswa di kelas kontrol, meskipun tidak menggunakan simulasi, tampaknya lebih terlibat dalam pembelajaran tradisional yang lebih familiar. Namun, simulasi PhET memberikan keunggulan dalam hal visualisasi dan interaksi yang mendalam dengan konsep-konsep matematis yang mungkin lebih sulit dipahami tanpa media tersebut. Penelitian ini menyarankan agar metode pembelajaran tradisional dapat dikombinasikan dengan penggunaan media interaktif seperti PhET, yang diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa secara keseluruhan. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi pengaruh jangka panjang penggunaan PhET dan cara-cara yang lebih efektif dalam mengintegrasikan media ini ke dalam kurikulum pembelajaran yang ada.

Rata-rata nilai post-test siswa yang menggunakan PhET dalam penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan siswa yang belajar tanpa simulasi dapat dijelaskan dari beberapa aspek pedagogis dan teknis. Pertama, meskipun simulasi PhET dirancang berdasarkan prinsip penelitian pendidikan untuk memvisualisasikan konsep abstrak dan mendorong eksplorasi aktif, siswa sering membutuhkan pembelajaran pendahuluan yang memadai agar dapat menggunakan media ini secara efektif dalam konteks pemecahan masalah akademik, bukan sekadar eksplorasi permukaan (PhET simulations dirancang untuk eksplorasi intuitif yang mirip permainan). Tanpa bimbingan yang cukup, beberapa siswa dapat menghabiskan waktu pada aspek interaktif sambil mengabaikan tujuan pembelajaran yang terukur melalui tes, sehingga hasil post-test mereka tidak mencerminkan peningkatan yang optimal.

Kedua, temuan meta-analisis menunjukkan bahwa efektivitas penggunaan simulasi PhET terhadap hasil belajar tidak selalu konsisten di semua konteks dan materi pembelajaran; beberapa studi melaporkan hasil yang signifikan pada jenjang tertentu atau materi khusus seperti suhu dan kalor, sementara di jenjang lainnya efeknya lebih kecil atau tidak signifikan (Sudirman, dkk., 2022). Ini mengindikasikan bahwa efektivitas PhET dipengaruhi oleh konteks kurikulum, kesiapan teknologi siswa, dan bagaimana integrasi simulasi tersebut dilakukan oleh pendidik. Ketiga, literatur lain menunjukkan bahwa integrasi media seperti PhET dalam pengajaran seringkali memberikan dampak positif pada keterlibatan dan pemahaman konsep ketika didampingi dengan strategi pembelajaran yang tepat, tetapi jika pendekatannya hanya "ditambahkan" ke pembelajaran tanpa strategi instruksional yang kuat, dampak pada achievement akademik bisa lebih rendah daripada yang diharapkan. Dengan kata lain, desain pembelajaran dan pendampingan guru memainkan peran kunci dalam menentukan seberapa efektif simulasi tersebut dalam meningkatkan hasil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan media PhET dalam pembelajaran tidak menunjukkan dampak signifikan terhadap hasil belajar siswa dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional. Meskipun rata-rata nilai post-test siswa yang menggunakan PhET (80,3) sedikit lebih rendah dibandingkan dengan yang menggunakan metode konvensional (83,6), hasil observasi menunjukkan adanya perbedaan dalam tingkat antusiasme siswa. Siswa di kelas kontrol lebih antusias (90%) dibandingkan siswa di kelas eksperimen (84%). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun PhET dirancang untuk meningkatkan pemahaman melalui pendekatan interaktif, implementasinya perlu dioptimalkan agar dapat memberikan dampak yang lebih besar terhadap hasil belajar siswa.

Saran yang dapat diberikan antara lain adalah peningkatan penggunaan media PhET dengan memastikan siswa memiliki pemahaman yang baik tentang cara memanfaatkannya, serta melakukan pendampingan lebih intensif. Selain itu, menggabungkan metode pembelajaran konvensional dengan media PhET dapat menciptakan keseimbangan antara pendekatan tradisional dan interaktif, yang dapat meningkatkan pemahaman siswa. Pengembangan lebih lanjut pada materi dan simulasi yang disesuaikan dengan kebutuhan siswa juga perlu dilakukan, terutama untuk topik-topik yang sulit dipahami secara teoretis. Penelitian lebih lanjut dengan populasi yang lebih luas dan durasi yang lebih panjang sangat diperlukan untuk mengevaluasi pengaruh jangka panjang penggunaan PhET dalam pembelajaran dan mengkaji variabel lain seperti keterlibatan siswa dan tingkat pemahaman konsep.

DAFTAR PUSTAKA

Astalini, D., Riantoni, C., & Susanti, N. (2019). Studi penggunaan PhET Interactive Simulations dalam pembelajaran fisika. Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika, 6(2), 71-75. DOI: 10.12928/jrkpf.v6i2.14202.

Bebell, D., & O'Dwyer, L. M. (2010). *The effects of technology on student achievement in the context of the "One Laptop per Child" program.* Computers & Education, 54(4), 1009-1015. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.09.019

Chien, P. (2017). *The effectiveness of PhET simulations in teaching physics in secondary education.* International Journal of STEM Education, 4(1), 21. https://doi.org/10.1186/s40594-017-0084-0

Dewantara, K. H. (1962). *Pemikiran, konsep, dan gagasan Ki Hajar Dewantara*. Yogyakarta: Taman Siswa.

Finkelstein, N.D., Adam, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K.,Podolefsky, N. S., Reid, S, When Learning About The Real World Is Better Done Virtually: A Study Of Substituting Computer Simulations For Laboratory Equipment. Phys. Rev. ST. Phys. Educ. Res, Vol 1, No 010103, 2005.

Mitra, A., & Sanyal, D. (2015). *The role of technology in enhancing student learning outcomes: A review.* International Journal of Online Engineering, 11(7), 37-42. https://doi.org/10.3991/ijoe.v11i7.4936

Perkins,K,. Adam, W., Dubson, M., Finkeilstein, N., Reid, S., Wieman, C, Lemaster, R, PhET: Interactive Simulations for Teaching and Learning Physics, The Physics Teacher, Vol 44, 2006, pp 18-23.

Wieman, C.E., Adam, W. K., Loeblin, P & Perkins, K. K. 2010. Teaching Physics Sing Simulations Phet Simulations.The Physics Teacher, (Online), 8 : 225-227, (http://scitation.aip.org), diakses 17 April 2016.

Wuryaningsih, N. (2014). *Pemanfaatan simulasi PhET dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa.* Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran, 3(2), 157-168.

Zulkifli, Z., & Dahlan, A. R. (2018). *The effectiveness of PhET simulation in teaching physics concepts.* Journal of Physics: Conference Series, 1019(1), 012072. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1019/1/012072

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan