

Integrasi Simulasi *PhET* Dalam Model *Project Based Learning* untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Fisika Peserta Didik SMA Negeri 8 Mataram

Wahyudi*, Ni Nyoman Sri Putu Verawati, Syafira Agustina

Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP Universitas Mataram, Indonesia

*Corresponding Author: wahyudi_arsi@unram.ac.id

Article History

Received : March 16th, 2026

Revised : March 23th, 2026

Accepted : April 16th, 2026

Abstract: Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan dan menganalisis penerapan model *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi *PhET Interactive Simulation* dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis fisika peserta didik pada materi gerak parabola di SMAN 8 Mataram. Metode penelitian yang digunakan adalah quasi-eksperimen dengan desain *one group pretest-posttest*. Subjek penelitian terdiri atas 31 peserta didik kelas X MIA 4. Instrumen penelitian berupa tes uraian kemampuan berpikir kritis yang disusun berdasarkan indikator Ennis, meliputi analisis, inferensi, evaluasi, dan pengambilan keputusan. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif menggunakan persentase ketuntasan tiap indikator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik mengalami peningkatan pada hampir semua indikator. Indikator analisis pertama mencapai persentase ketuntasan tertinggi ($\pm 80\%$), sedangkan indikator analisis kedua menjadi yang terendah ($\pm 30-40\%$). Indikator evaluasi dan inferensi berada pada kategori sedang hingga tinggi, menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek dengan dukungan simulasi interaktif mampu memfasilitasi proses penalaran ilmiah siswa. Temuan ini mengindikasikan bahwa integrasi *PhET* dalam PjBL efektif untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis fisika, terlebih dalam konteks sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium.

Keywords: *Project Based Learning*, *PhET Simulation*, berpikir kritis, gerak parabola, pembelajaran fisika.

PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika di SMA tidak hanya bertujuan agar peserta didik menguasai rumus dan dapat menyelesaikan soal hitungan, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir kritis dalam memahami dan menganalisis fenomena fisis di kehidupan sehari-hari. Salah satu materi yang menuntut penguasaan konsep dan penalaran yang baik adalah gerak parabola atau gerak peluru, karena melibatkan pemahaman gerak dua dimensi sebagai perpaduan gerak lurus beraturan (GLB) pada sumbu horizontal dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB) pada sumbu vertikal. Di kelas, masih banyak peserta didik yang mengalami kesulitan dalam memisahkan komponen gerak, menafsirkan lintasan, serta menghubungkan besaran fisis (kecepatan awal, sudut elevasi, waktu, dan jarak jangkauan) dengan situasi nyata, sehingga berdampak pada rendahnya hasil belajar dan keterampilan berpikir kritis mereka (Mardian, 2024).

Gerak parabola merupakan gerak dua dimensi suatu benda yang membentuk sudut

tertentu terhadap sumbu horizontal, dengan lintasan melengkung akibat pengaruh gravitasi (Giancoli, D. C., 2014). Kajian konseptual menunjukkan bahwa gerak parabola dapat dipandang sebagai superposisi GLB di arah horizontal dan GLBB diperlambat di arah vertikal, di mana kedua komponen gerak saling tegak lurus dan tidak saling memengaruhi. Karakteristik ini menuntut peserta didik untuk mampu menganalisis vektor kecepatan, memecah komponen, menafsirkan grafik posisi-waktu dan kecepatan-waktu, serta menyimpulkan hubungan antara sudut elevasi dan jangkauan maksimum, yang semuanya memerlukan keterampilan berpikir kritis tingkat tinggi.

Berpikir kritis dalam konteks pembelajaran fisika mencakup kemampuan mengidentifikasi masalah, menganalisis informasi, mengevaluasi argumen, dan menarik kesimpulan berdasarkan evidensi yang relevan (Zakiah, L., & Lestari, I. 2019). Indikator berpikir kritis yang banyak diadopsi dalam penelitian pendidikan di Indonesia merujuk pada

kerangka yang dikembangkan oleh Ennis. Kerangka tersebut mencakup kemampuan merumuskan kriteria untuk mempertimbangkan kemungkinan jawaban, menyusun hipotesis, menarik kesimpulan berdasarkan fakta, mengidentifikasi alasan yang mendukung suatu argumen, serta menyampaikan alasan secara logis dan sistematis (Fatimah et al., 2016).

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi gerak, termasuk gerak parabola, cenderung masih rendah pada indikator menyimpulkan dan mengevaluasi berdasarkan data eksperimen atau simulasi, sehingga diperlukan intervensi pembelajaran yang secara eksplisit melatih keterampilan tersebut. Salah satu model pembelajaran yang relevan adalah *Project Based Learning* (PjBL) yang menempatkan peserta didik sebagai subjek aktif melalui perancangan dan pelaksanaan proyek yang autentik (Alifia Dinta et al., 2025), sehingga dapat meningkatkan pemahaman, motivasi, dan minat belajar siswa (Fatmawati et al., 2022).

Dalam materi gerak parabola, PjBL dapat diwujudkan melalui proyek perancangan lintasan benda (misalnya bola, roket air, atau proyektil virtual) dengan target jangkauan tertentu, sehingga peserta didik harus merumuskan masalah, merancang percobaan, mengumpulkan dan menganalisis data, serta mempresentasikan solusi yang didasarkan pada konsep vektor kecepatan dan pengaruh sudut elevasi terhadap lintasan. Proses ini sejalan dengan pengembangan kemampuan berpikir kritis karena menuntut peserta didik untuk mengajukan hipotesis, menguji melalui eksperimen atau simulasi, dan mengevaluasi kesesuaian hasil dengan prediksi (Firdaus et al., 2018).

Perkembangan teknologi simulasi interaktif seperti *PhET Interactive Simulations* menyediakan sarana eksperimen maya yang sangat sesuai untuk memodelkan gerak parabola secara aman, fleksibel, dan berulang. Simulasi PhET salah satu laboratorium virtual dalam kategori praktis dan mudah digunakan (Yuliana et al., 2021), yang memungkinkan peserta didik memvariasikan kecepatan awal, sudut elevasi, dan percepatan gravitasi, kemudian mengamati perubahan lintasan, ketinggian maksimum, dan jangkauan sehingga membantu mereka membangun pemahaman konseptual yang lebih dalam.

Hasil-hasil penelitian terdahulu secara konsisten menegaskan efektivitas *PhET*

Simulation sebagai media pembelajaran fisika. Secara umum, penggunaan simulasi interaktif ini tidak hanya meningkatkan aktivitas belajar, tetapi juga memperkuat hasil belajar dan keterampilan berpikir kritis peserta didik melalui proses eksplorasi dan penalaran berbasis data simulasi. Temuan Rizaldi et al. (2020) menunjukkan bahwa *PhET* mampu memfasilitasi pemahaman konsep-konsep abstrak dengan dukungan visualisasi yang menarik, sehingga siswa lebih mudah mengaitkan fenomena fisika dengan representasi konseptual (Rizaldi et al., 2020). Selanjutnya, penelitian Muna et al. (2023) memperkuat bukti bahwa *PhET Simulation* berkontribusi signifikan terhadap peningkatan hasil belajar pada materi Hukum Newton, yang menuntut pemahaman mendalam mengenai hubungan gaya dan gerak (Muna et al., 2023). Sementara itu, Wilujeng et al. (2024) menekankan bahwa integrasi model *Project-Based Learning Approach* (PBLA) dengan *PhET Simulation* diperlukan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, khususnya dalam pembelajaran gerak parabola (Wilujeng et al., 2024). Dengan demikian, rangkaian penelitian tersebut memperlihatkan bahwa *PhET Simulation* tidak hanya berfungsi sebagai media bantu, tetapi juga sebagai katalisator pembelajaran aktif yang mendukung pencapaian kompetensi abad ke-21.

Integrasi simulasi PhET dalam model *Project Based Learning* pada materi gerak parabola dipandang potensial untuk mengoptimalkan pembelajaran fisika di sekolah yang fasilitas laboratoriumnya terbatas. Pada konteks SMAN 8 Mataram, integrasi ini diharapkan tidak hanya membantu peserta didik memvisualisasikan lintasan parabola, tetapi juga menuntun mereka untuk berpikir kritis melalui aktivitas merancang proyek, menguji berbagai skenario sudut dan kecepatan, serta menyimpulkan hubungan antar besaran fisis secara mandiri. Namun, kajian yang secara khusus mengkaji integrasi PhET dalam PjBL untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis fisika peserta didik pada materi gerak parabola di SMAN 8 Mataram belum banyak dilaporkan, sehingga penelitian ini memiliki urgensi sekaligus memberikan kontribusi kebaruan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan dan menganalisis integrasi simulasi PhET dalam model *Project Based Learning* untuk

mengembangkan kemampuan berpikir kritis fisika peserta didik SMAN 8 Mataram pada materi gerak parabola. Penelitian diharapkan memberikan kontribusi teoretis dalam pengembangan model pembelajaran fisika berbasis TIK yang menekankan keterampilan berpikir tingkat tinggi serta kontribusi praktis bagi guru fisika dalam merancang pembelajaran yang lebih bermakna dan kontekstual.

Project Based Learning pada materi gerak parabola

Model *Project Based Learning* (PjBL) merupakan suatu pendekatan pembelajaran yang menekankan keterlibatan aktif peserta didik dalam kegiatan berbasis proyek untuk memecahkan permasalahan tertentu. Keunggulan model ini terletak pada kemampuannya dalam membantu peserta didik memahami konsep fisika melalui keterlibatan langsung pada proses perancangan dan pelaksanaan proyek, sehingga mereka dapat mengidentifikasi sekaligus menyelesaikan permasalahan yang muncul dalam pembelajaran fisika (Ridha et al., 2022). Secara umum, sintaks PjBL terdiri atas beberapa tahapan, yaitu penyajian permasalahan, perencanaan kegiatan, penyusunan jadwal, pemantauan pelaksanaan proyek, penilaian hasil, serta evaluasi proses pembelajaran (Sani, 2014).

Dalam konteks materi gerak parabola, proyek yang dapat dikembangkan antara lain perancangan lintasan lemparan bola agar mencapai target jarak tertentu, pembuatan alat pelontar sederhana, maupun simulasi lintasan proyektil dengan parameter yang divariasikan. Penelitian di bidang pendidikan fisika menunjukkan bahwa penerapan PjBL mampu meningkatkan pemahaman konsep kinematika dan dinamika, karena peserta didik dilatih untuk mengaitkan teori dengan fenomena nyata. Pangumbahas et al. (2023) melaporkan bahwa penerapan PjBL yang dipadukan dengan media presentasi memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan hasil belajar siswa pada materi gerak parabola (Pangumbahas et al., 2023). Selain itu, integrasi PjBL dengan teknologi berbasis virtual serta etnosains terbukti dapat meningkatkan kemampuan analitis dan keterampilan berpikir kritis mahasiswa (Wahyudi et al., 2025).

Simulasi PhET pada materi gerak parabola

PhET Interactive Simulations menyediakan beberapa simulasi terkait

kinematika dan dinamika, termasuk simulasi gerak dua dimensi yang dapat digunakan untuk memvisualisasikan gerak parabola. Melalui simulasi ini, peserta didik dapat mengatur nilai kecepatan awal, sudut elevasi, dan percepatan gravitasi, lalu mengamati bagaimana lintasan, ketinggian maksimum, dan jangkauan berubah seiring dengan variasi parameter. Lingkungan simulasi yang interaktif membantu peserta didik membangun konsep melalui eksplorasi langsung dan percobaan berulang tanpa dibatasi oleh risiko maupun keterbatasan alat laboratorium.

Berbagai penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa penggunaan PhET dalam pembelajaran gerak berdampak positif membantu memahami konsep gerak parabola (Tuhusula et al., 2020), pemahaman konsep dan kemampuan berpikir kritis peserta didik (Dalem et al., 2025). Simulasi PhET mendukung model pembelajaran inkuiri, *problem based learning*, maupun PjBL karena memfasilitasi proses mengamati, mengajukan pertanyaan, merancang percobaan, mengumpulkan data, dan menarik kesimpulan berbasis evidensi. Di materi gerak parabola, PhET memungkinkan peserta didik membandingkan hasil pengukuran jarak dan waktu dengan perhitungan teoritis, sehingga mereka terdorong untuk menganalisis kesesuaian model matematika dengan perilaku fisik sistem.

Kemampuan berpikir kritis fisika pada materi gerak parabola

Kemampuan berpikir kritis peserta didik dalam materi gerak parabola meliputi kemampuan mengidentifikasi besaran fisika yang relevan, menganalisis hubungan antarvariabel (misalnya hubungan antara sudut elevasi dan jangkauan), mengevaluasi kebenaran argumen atau prediksi, serta menyusun kesimpulan berdasarkan data eksperimen atau simulasi. Kerangka indikator Ennis yang terdiri atas memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar, menyimpulkan, memberikan penjelasan lanjut, serta mengatur strategi dan taktik banyak digunakan untuk menyusun instrumen tes berpikir kritis pada materi kinematika dan dinamika. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa indikator menyimpulkan dan memberikan penjelasan lanjut sering kali memiliki persentase ketercapaian terendah, sehingga memerlukan desain pembelajaran yang memberikan kesempatan luas bagi peserta didik untuk melakukan penalaran dan refleksi.

Model PjBL berbantuan simulasi PhET pada materi gerak parabola secara teoretis dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis karena menggabungkan proyek autentik dengan eksplorasi interaktif terhadap konsep gerak dua dimensi. Peserta didik tidak hanya menyusun laporan proyek, tetapi juga dituntut untuk menafsirkan data simulasi, membandingkan hasil dengan perhitungan analitik, dan mengkomunikasikan alasan ilmiah di balik perbedaan yang muncul. Penelitian yang mengkaji integrasi PhET dalam pembelajaran berbasis proyek atau masalah menunjukkan adanya peningkatan signifikan kemampuan berpikir kritis dan penalaran ilmiah, meskipun kajian khusus pada konteks SMAN 8 Mataram dan materi gerak parabola masih terbatas sehingga membuka ruang kontribusi penelitian ini.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian *quasi experiment* dengan *desain one group pretest–posttest*. Pada desain ini, hanya digunakan satu kelas sebagai subjek penelitian yang diberi perlakuan berupa pembelajaran fisika menggunakan model *Project Based Learning* (PjBL) yang terintegrasi dengan simulasi PhET pada materi gerak parabola. Sebelum perlakuan diberikan, peserta didik terlebih dahulu mengikuti pretest untuk mengukur kemampuan berpikir kritis fisika. Setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai, peserta didik mengikuti posttest dengan instrumen yang setara guna mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis.

Subjek penelitian ini adalah peserta didik kelas X MIA 4 SMAN 8 Mataram tahun ajaran 2023/2024 yang berjumlah 31 orang. Pemilihan kelas dilakukan secara purposive sampling dengan mempertimbangkan rekomendasi guru fisika berdasarkan ketersediaan jadwal, kondisi kelas yang stabil, serta kemampuan akademik awal yang dianggap representatif terhadap populasi kelas X MIA di sekolah tersebut berdasarkan nilai rapor sebelumnya. Seluruh peserta didik dalam kelas terpilih mengikuti pembelajaran menggunakan model PjBL terintegrasi simulasi PhET pada materi gerak parabola.

Penelitian ini melibatkan dua variabel utama, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah penerapan model Project

Based Learning terintegrasi simulasi PhET pada materi gerak parabola, sedangkan variabel terikat adalah kemampuan berpikir kritis fisika peserta didik yang diukur melalui skor pretest dan posttest. Faktor lain seperti materi pembelajaran, alokasi waktu, dan guru pengampu dikendalikan agar tetap sama untuk meminimalkan pengaruh variabel luar.

Instrumen utama penelitian ini berupa tes kemampuan berpikir kritis fisika pada materi gerak parabola dalam bentuk uraian terstruktur. Instrumen dikembangkan berdasarkan indikator berpikir kritis menurut Ennis, meliputi kemampuan pengambilan keputusan, analisis, evaluasi, dan inferensi. Setiap butir soal dikontekstualisasikan dengan materi gerak parabola, seperti analisis lintasan, hubungan antara sudut elevasi dan jangkauan, serta interpretasi grafik dan data hasil simulasi. Kisi-kisi tes disusun untuk memastikan keterwakilan seluruh indikator berpikir kritis dan submateri gerak parabola secara proporsional.

Persentase ketuntasan kemampuan berpikir kritis siswa ditentukan dengan persamaan (Sukardi, 2012):

$$N (\%) = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100\%$$

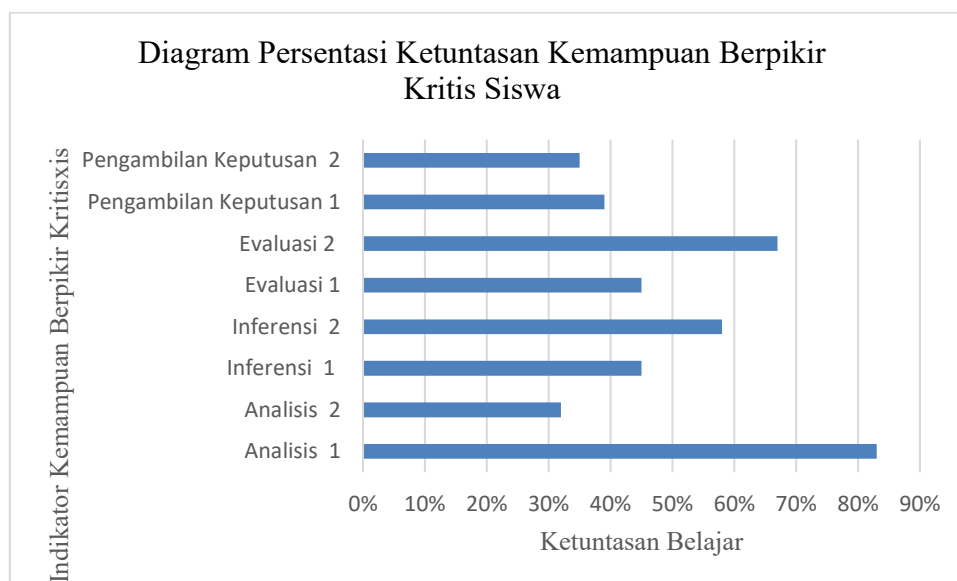
Persamaan ini digunakan untuk menentukan tingkat pencapaian kemampuan berpikir kritis siswa berdasarkan skor hasil tes atau penilaian yang diperoleh dibandingkan dengan skor maksimal yang mungkin dicapai. Nilai N(%) menunjukkan persentase ketuntasan, yaitu seberapa besar kemampuan siswa mendekati standar yang ditetapkan.

Skor yang diperoleh adalah jumlah nilai aktual yang dicapai siswa dari instrumen penilaian. Sedangkan skor maksimal adalah nilai tertinggi yang dapat dicapai pada instrumen tersebut. Hasil perhitungan berupa persentase yang menggambarkan tingkat pencapaian siswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis data dilakukan dengan pendekatan kuantitatif deskriptif, yang menghasilkan distribusi persentase kemampuan berpikir kritis berdasarkan kategori tertentu, seperti pengambilan keputusan, analisis, evaluasi, dan inferensi. Untuk memperjelas temuan dan memfasilitasi pemahaman visual, hasil penelitian disajikan dalam bentuk diagram

(Gambar 1) yang menggambarkan proporsi pencapaian siswa pada masing-masing indikator berpikir kritis.



Gambar 1. Diagram Persentasi Ketuntasan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

Persentase ketuntasan kemampuan berpikir kritis siswa pada setiap indikator menunjukkan variasi capaian yang cukup jelas antar komponen analisis, inferensi, evaluasi, dan pengambilan keputusan. Secara umum, sebagian besar indikator berada pada kategori ketuntasan sedang, dengan hanya satu indikator yang memperlihatkan ketuntasan sangat tinggi dan satu indikator lain berada pada kisaran terendah.

Hasil per indikator analisis

Indikator Analisis 1 memiliki persentase ketuntasan paling tinggi, berada pada kisaran mendekati 80%, sehingga sebagian besar siswa telah mampu melakukan analisis pada konteks soal yang diujikan. Temuan ini sejalan dengan pandangan Ennis bahwa analisis merupakan salah satu komponen utama berpikir kritis yang mencakup kemampuan menguraikan argumen dan mengidentifikasi hubungan antar pernyataan.

Sebaliknya, indikator Analisis 2 hanya mencapai kisaran sekitar 30–40% ketuntasan, menjadikannya indikator dengan capaian terendah di antara seluruh aspek yang diukur. Kondisi ini mengindikasikan bahwa ketika tuntutan analisis menjadi lebih kompleks (misalnya menelusuri asumsi atau implikasi lebih lanjut), proporsi siswa yang dapat memenuhi kriteria ketuntasan masih terbatas, sebagaimana

sering dilaporkan pada kajian kemampuan berpikir kritis di tingkat SMA.

Hasil per indikator inferensi

Pada indikator Inferensi 1, persentase ketuntasan berada dalam kategori sedang, yaitu sekitar 40–50%, yang menunjukkan bahwa hampir setengah siswa mampu menarik kesimpulan dasar dari informasi yang tersedia. Inferensi sebagai salah satu indikator berpikir kritis berkaitan dengan kemampuan menyusun kesimpulan logis dari premis yang diberikan.

Indikator Inferensi 2 memperlihatkan persentase ketuntasan yang lebih tinggi, mendekati 60%, sehingga lebih banyak siswa yang berhasil menyusun inferensi lanjutan atau lebih kompleks. Pencapaian ini konsisten dengan temuan beberapa penelitian bahwa latihan berulang dalam konteks pemecahan masalah sains dapat meningkatkan kemampuan menyimpulkan dan menafsirkan bukti secara rasional.

Hasil per indikator evaluasi

Indikator Evaluasi 1 menunjukkan persentase ketuntasan sekitar 40–50%, yang menggambarkan bahwa sebagian siswa telah mampu menilai kebenaran atau relevansi informasi, meskipun belum mencapai ketuntasan tinggi. Evaluasi dalam kerangka berpikir kritis

mencakup aktivitas menilai kualitas argumen, bukti, dan prosedur, yang menurut Facione dan Ennis merupakan salah satu komponen esensial dalam pengambilan keputusan rasional.

Indikator Evaluasi 2 memiliki persentase ketuntasan berada pada kisaran 60–70%, sehingga termasuk kategori tinggi dan menjadi salah satu indikator dengan capaian terbaik setelah Analisis 1. Hasil ini menunjukkan bahwa ketika siswa diberi tugas mengevaluasi informasi dalam konteks yang lebih terarah, kemampuan mereka untuk menilai dan membandingkan alternatif cenderung meningkat, selaras dengan laporan penelitian yang menemukan peningkatan signifikan aspek evaluasi setelah penerapan pembelajaran aktif atau berbasis masalah.

Hasil per indikator pengambilan keputusan

Indikator Pengambilan Keputusan 1 dan Pengambilan Keputusan 2 sama-sama berada pada kisaran ketuntasan sedang, sekitar 40–50%. Hal ini menunjukkan bahwa kurang dari setengah hingga sekitar setengah siswa mampu memilih alternatif tindakan atau jawaban yang didukung oleh alasan yang memadai, sesuai karakteristik berpikir kritis sebagai dasar dalam menentukan apa yang harus diyakini dan dilakukan.

Persentase ketuntasan kedua indikator pengambilan keputusan tersebut lebih rendah dibanding Analisis 1 dan Evaluasi 2, tetapi masih lebih tinggi daripada Analisis 2 sebagai indikator dengan capaian terendah. Pola ini sejalan dengan beberapa hasil penelitian di bidang pendidikan sains yang melaporkan bahwa kemampuan pengambilan keputusan kritis cenderung berkembang setelah kemampuan analisis dan evaluasi terbentuk, karena proses memutuskan menuntut integrasi beberapa indikator berpikir kritis secara simultan.

KESIMPULAN

Penerapan model *Project Based Learning* terintegrasi *PhET Simulation* pada materi gerak parabola berpengaruh positif terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis fisika peserta didik SMAN 8 Mataram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar indikator berpikir kritis berada pada kategori ketuntasan sedang hingga tinggi, dengan capaian tertinggi pada aspek analisis dasar dan evaluasi terarah. Aktivitas proyek yang melibatkan eksplorasi dan pengujian lintasan melalui simulasi PhET mampu menumbuhkan

kemampuan siswa dalam menafsirkan data, menarik kesimpulan logis, serta mengevaluasi hubungan antarbesaran fisis secara mandiri. Integrasi ini efektif diterapkan sebagai alternatif pembelajaran fisika berbasis TIK untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi pada materi yang bersifat konseptual dan abstrak seperti gerak parabola.

Implikasi Teoretis

Penelitian ini memberikan kontribusi teoretis terhadap pengembangan model pembelajaran fisika berbasis *Project Based Learning (PjBL)* yang diperkaya dengan *PhET Interactive Simulations*. Integrasi keduanya terbukti mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis, khususnya pada aspek analisis dan evaluasi. Temuan ini memperkuat teori bahwa pembelajaran berbasis proyek yang autentik, bila dikombinasikan dengan simulasi interaktif, dapat mendorong siswa untuk menghubungkan konsep abstrak dengan fenomena nyata. Dengan demikian, penelitian ini memperluas literatur tentang efektivitas pembelajaran berbasis TIK dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi pada materi kinematika, khususnya gerak parabola.

Implikasi Praktis

Secara praktis, hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan bagi guru fisika dalam merancang pembelajaran yang lebih kontekstual, interaktif, dan bermakna. Model PjBL berbantuan PhET memungkinkan guru untuk mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium dengan menyediakan pengalaman eksperimen maya yang aman dan fleksibel. Guru dapat memanfaatkan simulasi untuk melatih siswa dalam merumuskan hipotesis, melakukan analisis data, mengevaluasi hasil, dan menyusun kesimpulan berbasis evidensi.

Selain itu, penerapan model ini dapat meningkatkan motivasi dan minat belajar siswa karena mereka terlibat langsung dalam proyek yang menantang sekaligus relevan dengan kehidupan sehari-hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua siswa kelas X MIA 4 yang telah berkontribusi dalam penelitian ini. Peneliti juga menghargai kerja sama dan kolaborasi dari Kepala Sekolah SMA Negeri 8 Mataram, yang telah memberikan dukungan.

REFERENSI

- Alifia Dinta, S., Putri, A., Sofia fadilasari, N., & Andriesgo, J. (2025). Analisis Literatur tentang Strategi Kurikulum Pembelajaran Berbasis Proyek dalam Penguatan Keterampilan Siswa. *Irfani*, 21(2). Retrieved from <http://journal.iaingorontalo.ac.id/index.php/ir>
- Dalem, A. A. I. A. M., Sutrio, Jannatin 'Ardhuha, & Wahyudi. (2025). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model Discovery Berbantuan PhET untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 6(2), 1072–1082. doi: 10.29303/goescienceed.v6i2.1097
- Fatimah, N., Gunawan, G., & Wahyudi, W. (2016). Pembelajaran Berbasis Masalah Dengan Strategi Konflik Kognitif Terhadap Penguasaan Konsep. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 2(4), 2407–6902. doi: 10.29303/jpft.v2i4.423/
- Fatmawati, F., Wahyudi, W., & Harjono, A. (2022). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(4b). doi: 10.29303/jipp.v7i4b.983
- Firdaus, M., & Wilujeng, I. (2018). Pengembangan LKPD inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 4(1), 26–40. doi: 10.21831/jipi.v4i1.5574
- Giancoli, D. C., (2014). *Physics: Principles with Application*. Pearson: Boston.
- Mardian, V. (2024). Studi Literatur: Pengaruh Penggunaan PhET Simulation Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa dalam Era Society 5.0. *Pelita : Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah*, 23(1), 43–47. doi: 10.33592/pelita.v23i1.2666
- Muna, A. K., Tandililing, E., & Oktaviany, E. (2023). Penerapan Media Pembelajaran Menggunakan PhET Simulation untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik pada Materi Huklum Newton di SMP Negeri 23 Pontianak. *Jurnal Inovasi Penelitian Dan Pembelajaran Fisika*, 4(1), 15. doi: 10.26418/jippf.v4i1.55564
- Pangumbahas, N., Tumangkeng, J. V., Djeli, D., & Tulandi, A. (2023). Efektivitas Model Project Based Learning Berbantuan Media Presentasi pada Materi Gerak Parabola. *Charm Sains Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(1), 70–75.
- Ridha, M. R., Zuhdi, M., & Ayub, S. (2022). Pengembangan Perangkat Pembelajaran PjBL berbasis STEM dalam Meningkatkan Kreativitas Fisika Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(1), 223–228. doi: 10.29303/jipp.v7i1.447
- Rizaldi, D. R., Jufri, A. W., & Jamaluddin, J. (2020). PhET: Simulasi Interaktif dalam Proses Pembelajaran Fisika I. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(1), 10–14. doi: 10.29303/jipp.v5i1.103
- Sani, R. A., (2014). *Pembelajaran Saintifik untuk Implementasi Kurikulum 2023*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Tuhusula, T. S., Pattana, B., Randai, E., Wateriri, D. R., & Walukow, A. F. (2020). Eksperimen Menggunakan Virtual Lab Berbasis PhET Simulations dalam Pembelajaran Fisika pada Meteri Gerak Parabola. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(1).
- Wahyudi, W., Harjono, A., & Pangga, D. (2025). Implementing a Hybrid Ethnoscience Project-Based Learning (E-PjBL) Model Integrated with Virtual Assistive Technology to Enhance Critical Thinking Performance of Science Teacher Candidates. *International Journal of Ethnoscience and Technology in Education*, 2(1), 90. doi: 10.33394/ijete.v2i1.14106
- Wilujeng, I., Anggit Cahyo Wibowo, H., Alif Auliya Akbar, M., Al Hikmah Surabaya, S., & Phi, J. (2024). Analisis Kebutuhan Penerapan Model PBLA Berbantuan PhET Simulation untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis pada Materi Gerak Parabola. In *Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan (Vol. 10, Issue 1)*.
- Yuliana, Y., Wahyudi, W., Doyan, A., & Pineda, C. I. S. (2021). Development of Phet Simulation-Assisted Inquiry Model Learning in Elasticity Materials. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(2), 178–183. doi: 10.29303/jppipa.v7i2.505