



KESAN PENGGUNAAN PEMBELAJARAN KENDIRI BERASASKAN SIMULASI FIZIK PHET TERHADAP PENCAPAIAN PELAJAR MATRIKULASI DALAM TOPIK GERAKAN PROJEKTIL

EFFECTS OF THE APPLICATION OF PHET PHYSICS SIMULATION-BASED SELF-DIRECTED LEARNING ON MATRICULATION STUDENTS' ACHIEVEMENT IN THE TOPIC OF PROJECTILE MOTION

Mohd Ali Samsudin¹, Siti Aishah Tahir², Tiew Chia Chun^{3*}

¹ Pusat Pengajian Ilmu Pendidikan, Universiti Sains Malaysia, Malaysia
Email: alisamsudin@usm.my

² Kolej Matrikulasi Kejuruteraan Kedah, Malaysia
Email: bm-2357@moe-dl.edu.my

³ Fakulti Pendidikan, Universiti Tunku Abdul Rahman, Malaysia
Email: tiewcc@utar.edu.my

* Corresponding Author

Article Info:

Article history:

Received date: 30.10.2025

Revised date: 26.11.2025

Accepted date: 01.12.2025

Published date: 16.12.2025

To cite this document:

Samsudin, M. A., Tahir, S. A., & Tiew, C. C. (2025). Kesan Penggunaan Pembelajaran Kendiri Berasaskan Simulasi Fizik Phet Terhadap Pencapaian Pelajar Matrikulasi Dalam Topik Gerakan Projektil. *International Journal of Modern Education*, 7 (28), 826-843.

DOI: 10.35631/IJMOE.728057

Abstrak:

Topik Gerakan Projektil merupakan salah satu topik yang mencabar dalam kurikulum fizik kerana sifatnya yang abstrak. Tujuan kajian adalah untuk menentukan kesan penggunaan simulasi fizik PhET dalam bahan pembelajaran sendiri ke atas pencapaian pelajar matrikulasi dalam topik Gerakan Projektil. Kajian ini menggunakan kaedah kuasi-eksperimen dengan rekabentuk kawalan tidak serupa. Matrikulasi di utara Semenanjung Malaysia dijadikan kumpulan eksperimen. Manakala, pelajar dari Kolej Matrikulasi pantai timur Semenanjung Malaysia dijadikan sebagai kumpulan kawalan. Kumpulan kawalan menggunakan kaedah konvensional, ianya merujuk kepada amalan menggunakan nota kuliah dan buku tutorial sebagai bahan bantu pembelajaran sendiri pelajar dalam topik Gerakan Projektil. Manakala, kumpulan eksperimen pula menggunakan simulasi fizik PhET dalam bahan pembelajaran sendiri. Dapatan kajian menunjukkan bahawa penggunaan simulasi fizik PhET dalam bahan pembelajaran sendiri membantu pelajar untuk memahami konsep ini dengan lebih mendalam. Melalui simulasi yang interaktif, pelajar dapat memanipulasi pemboleh ubah seperti sudut lontaran, halaju awal, jisim dan ketinggian, lalu memerhati serta menganalisis secara langsung kesan perubahan terhadap trajektori projektil. Hal ini membolehkan pelajar membina



kefahaman konsep yang lebih kukuh tanpa bergantung sepenuhnya kepada penerangan abstrak secara lisan atau persamaan matematik semata-mata.

Kata Kunci:

Simulasi Fizik, Pembelajaran Kendiri, Gerakan Projektil, Matrikulasi

Abstract:

Projectile Motion is one of the more challenging topics in the physics curriculum due to its abstract nature. The purpose of this study is to determine the effect of using PhET physics simulations in self-directed learning materials on matriculation students' achievement in the topic of Projectile Motion. This study employed a quasi-experimental design, specifically a non-equivalent control group design. Matriculation students from the northern region of Peninsular Malaysia were assigned to the experimental group, while students from a Matriculation College on the east coast of Peninsular Malaysia served as the control group. The control group used conventional methods, which referred to the practice of using lecture notes and tutorial books as self-directed learning materials for the topic of Projectile Motion. In contrast, the experimental group used PhET physics simulations as part of their self-directed learning materials. The findings indicate that the use of PhET physics simulations in self-directed learning helps students develop a deeper understanding of the concept. Through interactive simulations, students were able to manipulate variables such as launch angle, initial velocity, mass, and height, and directly observe and analyze the effects of these changes on projectile trajectories. This approach enabled students to construct a stronger conceptual understanding without relying solely on abstract verbal explanations or mathematical equations.

Keywords:

Physics Simulation, Self-Directed Learning, Projectile Motion, Matriculation

Pendahuluan

Matrikulasi Kejuruteraan merupakan program pra-universiti yang direka khusus untuk menyediakan pelajar jurusan kejuruteraan bagi menghadapi cabaran akademik di peringkat universiti. Program ini menekankan subjek-subjek asas seperti Fizik, Matematik, dan Kimia yang penting untuk jurusan kejuruteraan. Pembelajaran Fizik, khususnya adalah wajib bagi semua pelajar kerana ia menyediakan asas yang kukuh untuk memahami prinsip-prinsip kejuruteraan yang lebih kompleks (Ali AlOmani, 2023).

Salah satu topik penting dalam Fizik ialah Gerakan Projektil yang merupakan gerakan dua dimensi suatu objek di bawah pengaruh graviti (Sokolowski, 2021). Memahami konsep Gerakan Projektil adalah kritikal bagi jurutera kerana ia berkaitan dengan pelbagai aplikasi praktikal seperti pelancaran roket, balistik, dan perancangan trajektori. Ianya juga dapat membolehkan jurutera mereka bentuk alat yang dapat mengganggu jarak pendaratan sesuatu objek, kesesuaian levitasi sesuatu mesin dan sebagainya (Ali AlOmani, 2023). Pencapaian yang baik dalam topik ini bukan sahaja menunjukkan penguasaan asas-asas fizik tetapi juga persediaan yang kukuh bagi pelajar kejuruteraan sebelum memasuki alam universiti dan alam pekerjaan, kelak.

Beberapa penemuan penyelidikan menunjukkan bahawa pencapaian akademik pelajar dalam kursus asas fizik samada di peringkat menengah atas atau universiti juga berada pada tahap yang rendah (Amir & Marisda, 2021; Ibrahim et al., 2019; Sutarno et al., 2021). Pelajar program matrikulasi kejuruteraan juga menunjukkan pencapaian yang hanya berada pada tahap memuaskan terhadap konsep asas fizik dalam salah satu topik yang wajib dikuasai iaitu Gerakan Projektil. Berdasarkan Laporan Kerja Calon (LKC) Peperiksaan Semester Program Matrikulasi (PSPM) bagi Jurusan Kejuruteraan dari Sesi 2019/2020 sehingga Sesi 2022/ 2023 secara konsisten melaporkan pencapaian pelajar berkaitan topik ini hanya pada tahap yang memuaskan kerana pelajar didapati tidak dapat membayangkan konsep abstrak daripada masalah yang diberi. Pelajar juga dilaporkan gagal menginterpretasikan halaju yang diberi kepada komponen menegak dan komponen mengufuk, dan tidak mahir mengaplikasikan konsep leraian vektor untuk mencari paduan halaju. Impaknya, pelajar tidak dapat mengaplikasikan rumus yang bersesuaian dalam penyelesaian masalah Gerakan Projektil (Tahir et al., 2024).

Perkara yang sama dilaporkan oleh Klein et al. (2021) dan Sokolowski (2021) dalam kajiannya. Selain daripada itu, pelajar juga gagal mematuhi tanda bagi kuantiti vektor seperti tidak meletakkan tanda negatif bagi halaju ke bawah menyebabkan mereka tidak berjaya membuat penggantian yang betul walaupun rumus diberikan sebagai panduan. Menurut Saepuzaman dan Karim (2016), pencapaian pelajar peringkat universiti di Indonesia dalam konsep Gerakan Projektil juga menunjukkan penurunan kerana masalah yang sama. (Winingsih et al., 2023) pula menyatakan bahawa konsep gerak jatuh bebas yang merupakan sebahagian daripada gerakan projektil sering kali menyebabkan kekeliruan dalam kalangan pelajar mengenai kelajuan dan percepatan. Prescott dan Mitchelmore (2005) mendapati bahawa banyak pelajar di New South Wales mengalami salah konsep mengenai gerakan projektil, seperti kepercayaan bahawa objek yang ditembak akan jatuh lurus ke bawah setelah sampai ke puncak lintasan. Hal ini menunjukkan penguasaan konsep asas pelajar dalam topik Gerakan Projektil masih lagi lemah.

Pembelajaran sendiri sering dikenal pasti sebagai faktor penting kejayaan pelajar dalam pendidikan tinggi. Menurut Kizi (2022), bahan pembelajaran sendiri ialah satu bentuk unit pembelajaran yang direka bentuk bagi membolehkan pelajar menguasai topik tertentu secara bebas dengan matlamat memperoleh pengetahuan, kemahiran dan kecekapan tertentu serta berpusatkan pelajar. Kejelasan arahan dalam bahan pembelajaran sendiri terutamanya dalam strategi penyelesaian masalah seperti penggunaan gambarajah dan ilustrasi, memainkan peranan penting dalam memperkukuh pembelajaran dan kecekapan pelajar (Good, 2018).

Pelaksanaan dan sokongan terhadap pembelajaran sendiri didapati mempengaruhi tahap motivasi pelajar. Hasil kajian lalu menunjukkan bahawa pendekatan pembelajaran sendiri boleh meningkatkan pencapaian akademik dan motivasi pelajar (Meyer et al., 2008; Zimmerman, 2002). Oleh itu, institusi pendidikan tinggi perlu mempertimbangkan kaedah untuk menyokong pembelajaran sendiri melalui kurikulum yang berstruktur dan pendekatan pedagogi yang inklusif. Selain itu, pengintegrasian kemahiran pembelajaran sendiri ke dalam kurikulum dan sokongan yang berterusan juga penting diberikan kepada pelajar (Wilbraham et al., 2024).

Dalam era digital masa kini, terdapat pelbagai sumber pembelajaran sendiri seperti YouTube, pelantar pembelajaran dalam talian seperti Khan Academy dan DELIMA, aplikasi pembelajaran seperti Kahoot!, e-book, laman sesawang interaktif dan simulasi serta pelbagai lagi. Simulasi ialah satu bentuk pembelajaran berasaskan pengalaman. Ianya membolehkan pelajar membina pemahaman mereka tentang perkara yang mereka pelajari melalui pengalaman dan interaksi mereka terhadap simulasi, sekaligus mewujudkan pembelajaran aktif (Almasri, 2022). Salah satu pembelajaran berasaskan simulasi adalah Simulasi Physics Education Technology (PhET) yang telah dibuktikan keberkesanannya terhadap pencapaian akademik dan motivasi belajar (Adams, 2010; Banda & Nzabahimana, 2023; Dy et al., 2024; Gani et al., 2020; Haryadi & Pujiastuti, 2020; Lahlali et al., 2023; Mrani et al., 2020; Taibu et al., 2021)

Strategi pembelajaran berpusatkan pelajar seperti pembelajaran sendiri dapat memberikan hasil yang positif terhadap motivasi dan menjamin hasil pembelajaran yang lebih baik, namun bahan pembelajaran yang sesuai haruslah disediakan bagi membantu pembelajaran sendiri pelajar (Khoury, 2022). Bahan pembelajaran sendiri adalah bahan pembelajaran yang direka untuk memudahkan pembelajaran secara sendiri dalam kalangan pelajar, serta membolehkan mereka belajar secara autonomi tanpa bimbingan berterusan daripada pengajar. Bahan pembelajaran sendiri yang baik perlulah mengandungi objektif pembelajaran yang jelas, kandungan pembelajaran yang berstruktur, aktiviti latihan, penilaian sendiri, dan maklum balas untuk membantu pelajar menilai kemajuan pembelajaran mereka (de Dios et al., 2022). Bahan ini membolehkan pelajar belajar mengikut kadar dan keupayaan mereka sendiri, serta memberikan mereka kawalan penuh terhadap proses pembelajaran masing-masing. Bahan pembelajaran sendiri di Matrikulasi merujuk kepada buku tutorial yang merangkumi latihan-latihan pengukuhan. Namun begitu, bahan ini tidak mengandungi aspek penilaian sendiri dan maklumbalas segera untuk menilai kemajuan mereka. Hal ini akan menyebabkan berlakunya miskonsepsi. Menurut dapatan Arif et al. (2021) di sebuah Kolej Matrikulasi di Malaysia menunjukkan bahawa pelajar dan pensyarah menekankan keperluan bahan pembelajaran Fizik yang bersifat interaktif dan menarik. Sehubungan itu, bagi memastikan keberkesanan bahan pembelajaran sendiri, elemen interaktif seperti simulasi komputer amat diperlukan untuk menyokong penerokaan konsep secara aktif dan bermakna. Dalam konteks ini, simulasi fizik PhET menawarkan satu pendekatan yang selari dengan keperluan tersebut. Sokongan terhadap penggunaan simulasi dalam bahan pembelajaran sendiri turut diperkuat oleh dapatan kajian Adams (2010) yang menunjukkan bahawa simulasi fizik PhET yang dibangunkan berasaskan prinsip pembelajaran aktif dan berpusatkan pelajar mampu merangsang pemahaman konsep melalui penerokaan secara bebas. Ciri interaktif dalam simulasi ini mendorong pelajar untuk terlibat secara aktif dengan kandungan, sekaligus memudahkan proses pembinaan semula konsep yang salah kepada yang lebih saintifik.

Sebagai pelajar pra-universiti, pelajar matrikulasi digalakkan melakukan pembelajaran sendiri. Menurut Vosniadou (2020), pembelajaran sendiri adalah penting untuk meningkatkan motivasi pelajar dan mempersiapkan mereka untuk pembelajaran di peringkat universiti yang memerlukan kemampuan untuk merancang, memantau, dan menilai kerja mereka sendiri. Dalam topik Gerakan Projektil, jam pembelajaran sendiri adalah lebih banyak berbanding topik lain, menunjukkan keperluan yang lebih tinggi untuk bahan sokongan pembelajaran yang mencukupi (Yu & Du, 2019). Namun, ketiadaan bahan sokongan untuk pembelajaran sendiri boleh menyebabkan pelajar mengalami kesukaran untuk memahami topik tersebut dengan mendalam (Yu & Du, 2019). Hal ini boleh menyebabkan motivasi dalam pembelajaran menjadi

rendah, seperti yang dinyatakan dalam kajian oleh Guido (2013) iaitu sikap negatif dan kurang minat terhadap subjek tertentu seperti fizik boleh menyumbang kepada pencapaian yang rendah. Oleh itu, penting untuk menyediakan bahan sokongan seperti bahan pembelajaran sendiri pelajar untuk memastikan pencapaian akademik dan motivasi mereka dapat ditingkatkan

Penggunaan ICT dan Simulasi Fizik dalam Bahan Pembelajaran Kendiri

Kajian-kajian lepas menunjukkan penggunaan simulasi fizik PhET telah menarik perhatian yang luas dalam pengajaran topik abstrak kerana keupayaannya menyediakan visualisasi dinamik secara lebih efektif berbanding kaedah pengajaran tradisional. Sebagai contoh kebanyakan kajian menunjukkan peningkatan prestasi yang signifikan dengan penggunaan simulasi PhET (Arif et al., 2021; Banda & Nzabahimana., 2023; Mahtari et al., 2020; Mukama & Gapfizi, 2025). Sebagai contoh, kajian Mukama dan Gapfizi (2025) dan Banda dan Nzabahimana (2023) yang menggunakan reka bentuk kuasi-eksperimen melaporkan peningkatan prestasi kumpulan eksperimen berbanding kawalan. Kajian Mukama dan Gapfizi (2025) melibatkan 85 orang pelajar Tingkatan Empat yang dibahagikan kepada dua kumpulan, iaitu kumpulan eksperimen dan kumpulan kawalan. Reka bentuk kajian adalah kuasi-eksperimen dengan penggunaan ujian pra dan pasca. Dapatan kajian menunjukkan kumpulan eksperimen mempamerkan prestasi yang lebih tinggi berbanding kumpulan kawalan. Kajian oleh Banda dan Nzabahimana (2023) yang melibatkan 280 pelajar Tingkatan Tiga pula menyiasat kesan pembelajaran berasaskan simulasi fizik PhET terhadap pencapaian akademik dalam pembelajaran ayunan dan gelombang. Hasil analisis statistik menunjukkan peningkatan signifikan dalam pencapaian akademik kumpulan yang menggunakan simulasi fizik PhET dalam topik gelombang dan ayunan berbanding kumpulan yang diajar secara konvensional. Hasil kajian mendapati pelajar yang belajar menggunakan simulasi fizik PhET menunjukkan peningkatan dalam pelbagai konstruk motivasi seperti efikasi sendiri, matlamat pencapaian, strategi pembelajaran aktif dan sikap terhadap pembelajaran berbantuan komputer. Arif et al. (2021) dalam kajiannya di sebuah Kolej Matrikulasi di Malaysia mendapati bahawa pelajar dan pensyarah Fizik bersetuju bahawa pembelajaran Fizik perlulah disertakan dengan modul interaktif dan menarik untuk menghasilkan pengajaran dan pembelajaran (pdp) yang berkualiti. Hasil tersebut disokong oleh Mahtari et al. (2020), mendapati bahawa penggunaan simulasi PhET bersama teknik perancangan dalam bentuk soalan dalam bahan pembelajaran sendiri dapat meningkatkan pemahaman konsep dan hasil pembelajaran pelajar.

Dalam konteks topik gerakan projektil, simulasi fizik PhET membolehkan pelajar untuk memanipulasi pemboleh ubah seperti halaju awal, sudut lontaran dan ketinggian, seterusnya memerhati kesan perubahan tersebut terhadap trajektori pergerakan objek. Hal ini menunjukkan bahawa pembelajaran menggunakan simulasi fizik PhET membantu membina suasana pembelajaran yang menarik dan bermakna sekaligus meningkatkan motivasi pelajar. Penyelidik menggunakan PROMOD iaitu lembaran aktiviti berasaskan simulasi fizik PhET yang adaptasi daripada lembaran kerja yang telah dibangunkan oleh Brian Minchen (2017) sebagai intervensi. Instrumen yang digunakan dalam kajian ini pula adalah set ujian pra dan ujian pasca yang telah diubah suai daripada koleksi soalan tahun-tahun lepas dan disahkan oleh pakar. Ini menunjukkan bahawa bahan pembelajaran sendiri berasaskan simulasi sangat sesuai untuk pelajar yang memerlukan bimbingan berstruktur tetapi fleksibel.

Kajian-kajian tersebut membuktikan bahawa keberkesanan simulasi PhET terhadap pencapaian adalah konsisten merentasi pelbagai topik fizik. Kajian Dy et al. (2024) turut mendapati peningkatan ketara dalam skor pos ujian selepas penggunaan simulasi. Kajian tersebut menggunakan reka bentuk kajian tindakan bertujuan untuk mengenal pasti perbezaan signifikan prestasi pelajar sebelum dan selepas penggunaan simulasi fizik PhET dalam sains. Seramai 33 orang pelajar sebuah sekolah awam di Filipina dipilih secara pensampelan bertujuan. Dapatan ini mengesahkan keberkesanan simulasi interaktif dalam meningkatkan prestasi pelajar dalam subjek Sains. Namun, tahap peningkatan dalam setiap kajian berbeza mengikut reka bentuk kajian, tempoh intervensi dan jenis instrumen yang digunakan. Misalnya, set soalan berstruktur dalam kajian Tahir et al. (2024) menghasilkan peningkatan purata pencapaian yang lebih konservatif (24% kepada 56%) berbanding peningkatan lebih drastik dalam Dy et al. (2024). Kajian Tahir et al. (2024) di kolej matrikulasi melibatkan 15 orang pelajar matrikulasi yang dikenal pasti mempunyai kesukaran dalam topik gerakan projektil. Kajian ini menggunakan reka bentuk ujian pra dan ujian pasca dengan kumpulan yang sama. Perbandingan ini menunjukkan bahawa kesan simulasi adalah jelas, tetapi magnitudnya bergantung pada keberkesanan instrumen pembelajaran yang digunakan. Dari sudut motivasi pelajar, dapatan juga konsisten menunjukkan impak positif simulasi PhET, namun mekanisme peningkatan motivasi sedikit berbeza antara kajian. Kajian Lahlali et al. (2023) yang dijalankan di Morocco melibatkan pelajar sekolah yang diajar dalam topik ikatan kimia. Dapatan menunjukkan peningkatan dalam motivasi pelajar, menunjukkan bahawa pelajar lebih berminat dan terlibat secara aktif apabila mereka boleh berinteraksi dengan simulasi yang menyerupai fenomena sebenar. Manakala, Gani et al. (2020) mendapati motivasi pelajar gred 8 meningkat kerana simulasi menyediakan persekitaran pembelajaran yang selamat dan menyenangkan. Kajian tersebut membuktikan bahawa penggunaan simulasi fizik PhET merangsang minat pelajar untuk belajar dan meningkatkan persepsi positif mereka terhadap subjek fizik. Kajian Banda dan Nzabahimana (2023) pula melaporkan peningkatan motivasi melalui perubahan strategi pembelajaran pelajar dan sikap terhadap pembelajaran berbantuan teknologi. Perbandingan ketiga-tiga kajian ini menunjukkan bahawa peningkatan motivasi bukan sekadar berlaku kerana elemen visual, tetapi juga kerana simulasi membolehkan pembelajaran aktif, autonomi dan berpusatkan pelajar.

Aspek pemahaman konsep juga memperlihatkan pola yang menarik. Kajian Jimoyiannis dan Komis (2001) dan Aslan dan Buyuk (2021) menunjukkan keberkesanan simulasi dalam membetulkan miskonsepsi, selari dengan kerangka Teori Perubahan Konseptual oleh Posner et al. (1982). Simulasi fizik PhET membolehkan pengguna memvisualisasikan konsep yang tidak dapat dijalankan di luar bilik darjah atau konsep yang abstrak. Konsep gerakan projektil merupakan antara konsep dalam fizik yang sering disalah fahami oleh pelajar kerana sifatnya yang melibatkan dua komponen gerakan serentak iaitu secara mendatar dan menegak, serta hubungannya antara masa, halaju dan daya menjadikan konsep ini kompleks untuk difahami. Kajian oleh Jimoyiannis dan Komis (2001) mendapati bahawa penggunaan simulasi komputer membantu pelajar mengatasi miskonsepsi tentang halaju dan pecutan dalam gerakan projektil. Dapatan kajian menunjukkan kumpulan eksperimen yang menggunakan simulasi menunjukkan peningkatan pemahaman yang ketara membuktikan pembelajaran menggunakan simulasi komputer membantu pelajar mengatasi kekangan kognitif mereka. Aslan dan Buyuk (2021) pula menjalankan kajian terhadap 36 bakal guru sains tahun pertama universiti. Kajian ini menilai keberkesanan penggunaan perisian GeoGebra dalam membetulkan miskonsepsi tentang gerakan projektil. Kajian ini merupakan kajian kuantitatif dengan reka bentuk kuasi eksperimen. Dapatan menunjukkan skor ujian pasca dan ujian ketekalan konsep kumpulan

eksperimen adalah jauh lebih tinggi berbanding kumpulan kawalan ($t=2.525$ dan $t=5.466$). Kajian ini mengesahkan bahawa visualisasi dalam simulasi membantu pelajar membina pemahaman konsep yang lebih mantap. Kedua-dua kajian menunjukkan bahawa apabila pelajar berhadapan dengan konflik kognitif melalui visualisasi simulasi, mereka terdorong menstruktur semula pemahaman konsep. Dapatan ini menyokong pandangan bahawa simulasi bukan sekadar meningkatkan prestasi akademik, tetapi membina pemahaman saintifik yang mendalam.

Penggunaan simulasi fizik PhET yang menyediakan kawalan interaktif terhadap parameter dalam simulasi dapat membantu pelajar membina semula pemahaman konsep yang tepat. Teori Perubahan Konseptual oleh Posner et al. (1982) menekankan empat syarat penting bagi berlakunya perubahan konseptual, iaitu ketidakpuasan terhadap konsep sedia ada, kefahaman terhadap konsep baharu, kebolehpercayaan, dan keberkesanan konsep baharu dalam menerangkan fenomena lain. Dalam konteks ini, simulasi fizik PhET berperanan mencetuskan konflik kognitif apabila pelajar menyedari bahawa jangkaan mereka terhadap sesuatu fenomena tidak sepadan dengan apa yang dipaparkan dalam simulasi, sekali gus mencabar miskonsepsi sedia ada. Tambahan pula, visualisasi dan interaktiviti yang ditawarkan oleh simulasi fizik PhET menjadikan konsep saintifik lebih mudah difahami dan dipercayai, selari dengan syarat kefahaman dan kebolehpercayaan dalam teori Posner. Kajian oleh Adams et al. (2008) turut menyokong pandangan ini apabila mendapati bahawa simulasi fizik PhET yang direka bentuk berdasarkan prinsip pembelajaran aktif dan reka bentuk berpusatkan pelajar membantu meningkatkan pemahaman pelajar melalui penerokaan sendiri, justeru menyokong perubahan konseptual yang lebih mendalam. Oleh itu, penggunaan simulasi fizik PhET bukan sahaja menyokong proses pembinaan konsep yang betul, malah turut selari dengan prinsip teori perubahan konseptual yang menjadi asas kepada pengajaran sains yang berkesan.

Dari segi pencapaian, pelajar yang menggunakan simulasi fizik PhET menunjukkan peningkatan prestasi yang signifikan berbanding mereka yang mengikuti kaedah pengajaran konvensional. Aspek motivasi pelajar juga mengalami peningkatan apabila pelajar menunjukkan minat, keterlibatan dan keyakinan diri yang lebih tinggi selepas menggunakan simulasi. Tambahan pula, simulasi turut membantu pelajar membina kefahaman konsep secara lebih mendalam dan mengatasi miskonsepsi yang sering berlaku dalam topik seperti gerakan projektil.

Analisis Literatur Kritika dan Jurang Kajian

Secara keseluruhannya, sintesis kajian-kajian lepas menunjukkan konsistensi dalam keberkesanan simulasi fizik PhET, memberikan impak yang positif dalam pembelajaran fizik, yang bersifat abstrak dan kompleks seperti gerakan projektil. Walau bagaimanapun, analisis kritikal menunjukkan beberapa limitasi metodologi. Pertama, kebanyakan kajian menggunakan intervensi secara langsung dalam bilik darjah, sedangkan penggunaan bahan pembelajaran sendiri secara individu, seperti dalam konteks kajian ini, masih kurang diterokai. Jurang kajian didapati terhadap keberkesanan penggunaan simulasi fizik PhET dari sudut konteks penggunaan bahan pembelajaran sendiri, terutamanya bagi pelajar matrikulasi di Malaysia. Kedua, meskipun terdapat banyak kajian yang menyentuh tentang keberkesanan simulasi fizik PhET dalam meningkatkan pencapaian, motivasi dan pemahaman konsep, kebanyakan kajian tersebut tertumpu kepada peringkat sekolah menengah atau pendidikan tinggi secara umum. Manakala, kajian yang khususnya melibatkan pelajar matrikulasi Malaysia sangat terhad. Akhirnya, walaupun terdapat peningkatan pencapaian dan motivasi, kajian yang menilai

persepsi pelajar terhadap autonomi pembelajaran melalui bahan sendiri berasaskan simulasi juga masih terhad. Justeru, kajian ini bertujuan untuk mengisi jurang tersebut dengan meneliti secara menyeluruh kesan penggunaan simulasi fizik PhET dalam bahan pembelajaran sendiri ke atas pencapaian dan motivasi pelajar matrikulasi dalam topik Gerakan Projektil.

Tujuan dan Intervensi Kajian

Kajian ini bertujuan untuk menentukan kesan penggunaan simulasi fizik PhET dalam bahan pembelajaran sendiri ke atas pencapaian pelajar matrikulasi dalam topik Gerakan Projektil. Simulasi komputer seperti PhET berpotensi memberi gambaran dinamik terhadap konsep abstrak seperti gerakan projektil, sekaligus membantu pelajar membina semula pemahaman yang lebih saintifik dan tepat secara konstruktif. Bahan pembelajaran sendiri ditakrifkan sebagai set instruksional pengajaran sistematik yang dapat memandu pelajar memahami sesuatu konsep atau memahami proses yang kompleks. Bahan pembelajaran sendiri membantu pemahaman pelajar melalui pembelajaran berasaskan pengalaman, maklumat dan fakta yang boleh memperkayakan pemahaman mereka (Ali et al., 2020). Bahan pembelajaran sendiri membolehkan pelajar memilih apa yang ingin dipelajari, bila untuk belajar dan di mana untuk belajar (Sequiera, 2012).

Dalam kajian ini, bahan pembelajaran sendiri yang digunakan adalah dalam topik Gerakan Projektil yang diberi nama “Modul Gerakan Projektil” (PROMOD) yang telah diubahsuai daripada Tahir et al. (2024) mengikut Model Pembelajaran Regulasi Kendiri (SRL) dan Teori Multimedia Mayer. PROMOD ini memandu pelajar menggunakan simulasi fizik PhET dalam memahami kepelbagaian situasi trajektori gerakan projektil yang merangkumi tiga set aktiviti yang berbentuk lembaran kerja. Pada penghujung setiap aktiviti, disertakan latihan pengukuhan yang menguji pelajar dalam kemahiran menyelesaikan masalah. Simulasi ialah alat digital yang menawarkan pelajar dengan pengalaman pembelajaran yang bermakna (Antonio & Castro, 2023). Lahlali et al. (2023) dalam kajiannya menyatakan simulasi berupaya mengatasi kesukaran pelajar dalam memahami konsep-konsep sains kerana ianya merupakan alat yang dapat mewakili fenomena sebenar walaupun dalam bilik darjah, lantas memberikan persekitaran pembelajaran yang dinamik, interaktif dan visual. Dalam kajian ini, simulasi fizik PhET merujuk kepada penggunaan perisian Physics Education Technology (PhET) Interactive Simulations dalam topik Gerakan Projektil. Berdasarkan kajian terdahulu, penggunaan simulasi fizik PhET ini dapat meningkatkan pencapaian dan motivasi pelajar (Antonio & Castro, 2023, Lahlali et al. (2023), Gani et al. (2020)). Simulasi fizik PhET ini digunakan dalam bahan pembelajaran sendiri pelajar. Pelajar diminta meneroka beberapa aktiviti bersama dengan penggunaan simulasi fizik PhET ini. Pelajar akan menggunakan simulasi fizik PhET ini dalam tempoh lapan minggu. Kesan penggunaan simulasi fizik PhET dalam topik Gerakan Projektil ini terhadap pencapaian dan motivasi akan diukur dalam ujian pasca dan temubual berstruktur.

Metodologi Kajian

Rekabentuk Kajian

Kajian ini menggunakan pendekatan kuantitatif melalui rekabentuk kuasi-eksperimen, iaitu non-equivalent control group design. Rekabentuk ini dipilih kerana penyelidik menggunakan persampelan rawak kluster terhadap kumpulan sedia ada (intact group). Penyelidik memilih pelajar dalam sesebuah kelas tanpa perlu membuat penyusunan semula kedudukan pelajar dalam kelas tersebut. Dengan menggunakan kaedah ini, ancaman luar dapat dikurangkan dan

kumpulan kajian mungkin tidak menyedari mereka terlibat dalam satu kajian (Mills & Gay, 2019).

Sampel Kajian

Kajian ini melibatkan dua kumpulan pelajar yang mempunyai latar belakang akademik yang hampir sama kerana berada dalam jurusan yang sama. Satu kumpulan dijadikan sebagai kumpulan eksperimen yang terdiri daripada pelajar Kolej Matrikulasi di utara Semenanjung Malaysia. Manakala, pelajar dari Kolej Matrikulasi pantai timur Semenanjung Malaysia dijadikan sebagai kumpulan kawalan. Kumpulan kawalan menggunakan kaedah konvensional, ianya merujuk kepada amalan menggunakan nota kuliah dan buku tutorial sebagai bahan bantu pembelajaran sendiri pelajar dalam topik Gerakan Projektil. Manakala, kumpulan eksperimen pula menggunakan simulasi fizik PhET dalam bahan pembelajaran sendiri yang dinamakan sebagai PROMOD. Jurusan Asas Kejuruteraan pula dipilih kerana pelajar jurusan ini lebih ramai berbanding jurusan lain. Oleh itu, kebolehan untuk memilih secara rawak bagi sampel kajian adalah lebih besar. Dengan populasi yang besar, penyelidik boleh mendapatkan sampel yang lebih besar. Sampel yang lebih besar membantu mengurangkan ralat persampelan (sampling error) dan meningkatkan ketepatan anggaran statistik. Penyelidik memilih saiz sampel sebanyak 100 orang pelajar yang terdiri daripada 50 orang pelajar sebagai kumpulan eksperimen, manakala 50 orang pelajar lagi sebagai kumpulan kawalan. Pemilihan saiz sampel ini dibuat berdasarkan cadangan Mills dan Gay (2019) yang menyatakan bagi kajian kuasi eksperimen, minimum sampel bagi setiap kumpulan eksperimen dan kawalan adalah seramai 30 orang pelajar. Menurut teori had pusat (Central Limit Theorem), saiz sampel sekurang-kurangnya 30 sudah mencukupi untuk memastikan taburan data menghampiri normal (Kwak & Kim, 2017). Sampel yang dipilih ini dipastikan mempunyai ciri-ciri yang hampir sama dari segi latar belakang akademik iaitu pelajar lepasan SPM yang memperoleh sekurang-kurangnya gred C dan ke atas bagi subjek Fizik, Matematik Tambahan dan Bahasa Inggeris dan berada dalam Jurusan Asas Kejuruteraan. Latar belakang sosio-ekonomi juga sama, iaitu pelajar yang menerima biasiswa daripada Bahagian Matrikulasi Kementerian Pendidikan Malaysia (BMKPM), serta sama dari segi umur, iaitu 18 tahun. Kesemua sampel ini juga menginap di asrama yang disediakan dan mempunyai akses kepada teknologi yang sama kerana prasarana yang disediakan di Kolej Matrikulasi adalah sama, iaitu terdapat akses komputer dan Wifi percuma yang disediakan.

Teknik Persampelan

Kajian kuantitatif ini menggunakan persampelan kebarangkalian dengan teknik persampelan rawak kluster bagi memastikan semua ahli populasi mempunyai peluang untuk dipilih sebagai sampel. Persampelan rawak kluster dipilih kerana penyelidik menggunakan kelas sedia ada di tiga buah Kolej Matrikulasi Kejuruteraan, sekali gus memudahkan pentadbiran kajian tanpa mengganggu proses pengajaran dan pembelajaran. Dalam populasi pelajar jurusan Asas Kejuruteraan, setiap kelas dianggap sebagai satu kluster, dan enam kluster dipilih secara rawak menggunakan penjana nombor rawak; tiga kluster sebagai kumpulan eksperimen dan tiga lagi sebagai kumpulan kawalan. Pemilihan teknik ini menjimatkan masa dan kos berbanding persampelan rawak individu serta sesuai kerana pelajar dalam kluster mempunyai latar belakang pembelajaran yang homogen. Pendekatan ini memastikan pengagihan responden berlaku secara sistematik dan konsisten, sekali gus meningkatkan kebolehpercayaan dapatan kajian kuantitatif.

Instrumen Kajian

Bagi mengukur pencapaian dalam tajuk Gerakan Projektil, instrumen Ujian Pencapaian Gerakan Projektil digunakan. Instrumen ini dibangunkan berdasarkan Spesifikasi Kurikulum Kursus Fizik EP 015 yang disediakan oleh Bahagian Matrikulasi Kementerian Pendidikan Malaysia (BMKPM, 2022). Aspek yang hendak diukur dalam instrumen ini adalah kebolehan menyelesaikan masalah Gerakan Projektil yang menggunakan domain kognitif menganalisis. Instrumen ini mempunyai lima soalan berstruktur yang membawa kepada keseluruhan markah sebanyak 37. Soalan yang terdapat dalam instrument ini diadaptasi daripada koleksi soalan-soalan lepas Peperiksaan Semester Program Matrikulasi (PSPM) dari sesi 2018/2019 hingga 2023/2024 bagi kursus EP 015 dan diubah suai dengan menambah soalan lakaran bagi memenuhi kehendak kajian. Soalan ini mengandungi kepelbagaian situasi Gerakan Projektil, iaitu tiga soalan situasi objek dilancarkan pada sudut tertentu secara menegak daripada aras permukaan bumi, satu soalan bagi situasi objek dilancarkan pada sudut tertentu secara ke bawah pada satu aras ketinggian dan satu bagi situasi objek dilancarkan pada sudut tertentu secara menegak pada satu aras ketinggian.

Masa yang diperuntukkan untuk menjawab instrumen ini adalah selama satu jam kerana mengikut piawaian penilaian BMKPM, 1 markah diperuntukkan masa selama 90 saat. Bagi Ujian Pencapaian Gerakan Projektil, seramai dua orang panel pakar dipilih dari kalangan panel yang mempunyai kepakaran dan pengalaman dalam menggubal Spesifikasi Kurikulum EP 015 bagi membuat kesahan format dan kandungan. Panel pakar yang dipilih mempunyai pengalaman mengajar lebih 15 tahun dalam sistem Matrikulasi. Borang Kesahan Format dan Kandungan Ujian Pencapaian Gerakan Projektil ini telah diedarkan kepada panel pakar. Dalam kajian rintis ini, pekali KR-20 digunakan bagi memperoleh nilai kebolehpercayaan Ujian Pencapaian Gerakan Projektil. Pekali KR-20 yang diperoleh menerusi kajian rintis adalah 0.85 menunjukkan kebolehpercayaan instrumen Ujian Pencapaian Gerakan Projektil adalah tinggi. Oleh itu, instrumen Ujian Pencapaian Gerakan Projektil adalah sesuai untuk mengukur pencapaian pelajar dalam topik Gerakan Projektil.

Instrumen ini dijadikan sebagai ujian pra pencapaian topik Gerakan Projektil ke atas 100 orang sampel kajian yang merangkumi kumpulan eksperimen dan kumpulan kawalan. Instrumen yang sama ditadbir kepada sampel kajian dengan sedikit pengubahsuaian iaitu mengubah kedudukan soalan semasa ujian pasca pencapaian topik Gerakan Projektil. Ujian pra pencapaian topik Gerakan Projektil akan diberikan sebaik sampel kajian telah mengikuti 1 jam kuliah dan 2 jam tutoran yang melibatkan perbincangan Gerakan Projektil oleh pensyarah tutorial masing-masing. Hal ini bagi memastikan sampel kajian yang terlibat mempunyai pengetahuan konsep asas mengenai Gerakan Projektil. Manakala, ujian pasca pencapaian topik Gerakan Projektil pula akan diberikan setelah lapan minggu kumpulan rawatan didedahkan dengan kaedah pembelajaran menggunakan simulasi fizik PhET dalam bahan pembelajaran 49 sendiri (PROMOD), manakala kumpulan kawalan dengan kaedah pembelajaran konvensional iaitu menggunakan buku tutorial.

Teknik Analisis Data

Data kuantitatif dianalisis menggunakan perisian *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versi 25.0. Tahap keertian (alpha) ditetapkan pada .05 bagi pengujian hipotesis nol, di mana hipotesis nol ditolak sekiranya nilai signifikan yang diperoleh adalah kurang atau sama dengan .05. Sejajar dengan objektif kajian yang merangkumi perbandingan skor pasca pencapaian antara kumpulan eksperimen dan kawalan sambil mengawal skor pra pencapaian,

analisis statistik yang dipilih ialah Analisis Kovarians Sehala (*One way ANCOVA*). Analisis ini membolehkan penentuan sama ada terdapat perbezaan yang signifikan dalam skor pencapaian antara kedua-dua kumpulan setelah mengambil kira skor pra sebagai kovariat. Keputusan analisis kuantitatif dipersembahkan dalam bentuk jadual untuk memudahkan interpretasi dan perbandingan antara kumpulan kajian, seperti ditunjukkan dalam Jadual 1.

Jadual 1
Ringkasan Teknik Analisis Data

Soalan Kajian	Data	Analisis Data
Apakah terdapat perbezaan min yang signifikan dalam pencapaian ujian pasca bagi topik Gerakan Projektil antara pelajar yang menggunakan simulasi fizik PhET dalam bahan pembelajaran sendiri dan kaedah konvensional dengan mengawal perbezaan skor pra pencapaian?	Data dikumpulkan daripada ujian pra dan ujian pasca pencapaian dalam topik Gerakan Projektil.	ANCOVA sehala digunakan untuk menentukan perbezaan signifikan dalam skor pasca pencapaian antara kumpulan eksperimen dan kawalan dengan mengawal perbezaan skor pra pencapaian.

Kerangka Teori

Kajian ini adalah berasaskan Teori Penentuan Kendiri (SDT) yang diperkenalkan oleh Edward L. Deci dan Richard M. Ryan menekankan tiga keperluan psikologi asas iaitu autonomi, kompetensi dan keterkaitan sebagai pemacu utama motivasi intrinsik dan kesejahteraan individu. Menurut Deci dan Ryan (2000), individu cenderung menunjukkan komitmen dan penglibatan mendalam terhadap aktiviti yang berkait rapat dengan prestasi akademik serta kesejahteraan psikologi secara intrinsik apabila ketiga-tiga keperluan ini dipenuhi.

Dalam konteks pembelajaran Gerakan Projektil menggunakan bahan pembelajaran sendiri berasaskan simulasi fizik PhET, autonomi pelajar dipupuk melalui kawalan sepenuhnya terhadap proses pembelajaran mereka bermula dari pemilihan masa, pengubah parameter simulasi sehingga kepada cara mereka menilai hasil diri. Hal ini sejajar dengan kenyataan bahawa autonomi menyokong penglibatan aktif dan rasa kebebasan dalaman dalam pembelajaran. Sementara itu, kompetensi berkembang secara progresif apabila pelajar menerima maklum balas segera daripada simulasi, membetulkan model mental dan melihat peningkatan kefahaman mereka. Ini mengukuhkan persepsi kecekapan mereka dan menyokong motivasi intrinsik. Akhir sekali, aspek keterkaitan dalam bahan pembelajaran sendiri boleh ditingkatkan melalui integrasi interaksi sosial seperti forum perbincangan, kerja berkumpulan atau sesi perkongsian refleksi yang membina antara pelajar walaupun pembelajaran berlaku secara sendiri. Dalam bahan pembelajaran sendiri ini, pelajar diminta membuat refleksi bersama guru sekiranya terdapat sebarang permasalahan yang timbul.

Apabila ketiga-tiga keperluan psikologi ini dipenuhi, simulasi Fizik PhET dalam bahan pembelajaran sendiri bukan hanya dijangka mampu meningkatkan motivasi intrinsik, malah membina persekitaran pembelajaran yang kondusif untuk pembelajaran berterusan dan

komitmen yang lebih tinggi terhadap topik Gerakan Projektil. Ryan dan Deci (2022) menegaskan bahawa reka bentuk bahan sendiri yang menyokong autonomi, kompetensi dan keterkaitan boleh mempertingkatkan bukan sahaja pencapaian akademik tetapi juga kesejahteraan pelajar secara menyeluruh.

Kesimpulannya, SDT memberikan rangka teori yang kukuh untuk memahami bagaimana bahan pembelajaran sendiri yang menerapkan simulasi Fizik PhET boleh menggerakkan motivasi intrinsik pelajar. Dengan menyediakan pilihan sendiri, meningkatkan 39 kecekapan melalui maklum balas dan membina keterikatan sosial, ianya menyokong pelajar untuk belajar secara bermakna dan berkesan dalam topik Gerakan Projektil.

Keputusan dan Perbincangan

Pada asasnya bagi tujuan memastikan sama ada taburan data kajian yang dikumpulkan adalah normal, tiga kaedah telah digunakan iaitu secara statistik deskriptif melalui nilai Skewness dan dan juga ujian kenormalan berasaskan statistik Kolmogorov-Smirnova. Sebelum ujian normaliti dilakukan, nilai signifikan ditetapkan pada aras signifikan .05. Ujian normaliti dibuat bagi mengenalpasti adakah data bertabur secara normal ataupun tidak. Sampel kajian ini melibatkan 100 orang pelajar yang terdiri 50 orang pelajar kumpulan eksperimen yang menerima rawatan dan 50 orang pelajar kumpulan kawalan. Oleh itu, ujian kenormalan dijalankan berasaskan statistik Kolmogorov-Smirnova ($N=50$). Berdasarkan nilai bacaan Kolmogorov-Smirnova ($p > .05$) serta nilai yang diperolehi pula terletak di dalam julat bacaan Skewness dan Kurtosis (-1 hingga +1), menunjukkan bahawa data ujian pencapaian dan soal selidik motivasi adalah bertabur secara normal.

Bagi menjawab persoalan kajian 1, ujian ANCOVA (Analysis of covariance) sehala pada aras signifikan .05 digunakan. ANCOVA digunakan apabila penyelidik mengesyaki bahawa pembolehubah lain (kovariat) mungkin mempengaruhi hubungan antara pembolehubah bebas dan bersandar. Oleh itu, penyelidik ingin mengasingkan kesan pembolehubah bebas. Dalam kajian ini, ANCOVA sehala digunakan untuk menentukan perbezaan signifikan dalam skor pasca pencapaian antara kumpulan rawatan dan kawalan dengan mengawal perbezaan skor pra pencapaian. Keputusan ujian Levene menunjukkan $p = .15$ di mana ($p > .05$). Oleh itu, skor ujian pasca bagi topik Gerakan Projektil bagi kedua-dua kumpulan mempunyai varians yang setara. Maka andaian kesetaraan varians dipenuhi. Menerusi Ujian Homogeniti Cerun Regresi, hasil interaksi antara kumpulan dan kovariat adalah tidak signifikan, $p = .88$ ($p > .05$), menunjukkan cerun regresi adalah homogen.

Ujian ANCOVA satu hala dengan aras signifikan $\alpha = .05$ dijalankan bagi menguji hipotesis H01. Jika $p \leq .05$, maka hipotesis nol ditolak, manakala jika $p > .05$, hipotesis nol gagal ditolak. Dalam ujian ANCOVA satu hala ini, variabel bersandar ialah ujian pasca pencapaian bagi topik Gerakan Projektil, variabel tak bersandar ialah kumpulan rawatan iaitu kumpulan kawalan (menggunakan kaedah konvensional) dan kumpulan eksperimen (menggunakan simulasi Fizik PhET). Ujian pra pencapaian bagi topik Gerakan Projektil kepada pelajar sebelum rawatan dijadikan kovariat dalam analisis ini.

H01: Tidak terdapat perbezaan min yang signifikan dalam pencapaian ujian pasca bagi topik Gerakan Projektil antara pelajar yang menggunakan simulasi fizik PhET dalam bahan pembelajaran sendiri dan kaedah konvensional dengan mengawal perbezaan skor pra pencapaian.

Keputusan ANCOVA menunjukkan bahawa terdapat perbezaan min yang signifikan dalam skor ujian pasca pencapaian antara kumpulan kawalan dan kumpulan eksperimen selepas mengawal skor ujian pra pencapaian, $F(1,96) = 4.36$, $p = .04$, $\eta^2 = .04$. Oleh kerana nilai p adalah kurang daripada .05, maka hipotesis nol ditolak. Hal ini menunjukkan bahawa penggunaan simulasi Fizik PhET dalam bahan pembelajaran sendiri memberikan kesan yang signifikan terhadap pencapaian pelajar dalam topik Gerakan Projektil.

Perbandingan min marginal yang dianggarkan dalam Jadual 2 mendapati bahawa min pencapaian kumpulan eksperimen ($M = 21.98$, $SE = .32$) adalah lebih tinggi berbanding kumpulan kawalan ($M = 17.46$, $SE = .32$). Julat 95% sela keyakinan bagi kumpulan eksperimen ialah antara 21.35 hingga 22.60, manakala kumpulan kawalan pula ialah antara 16.82 hingga 18.10. Perbezaan ini menunjukkan bahawa pelajar dalam kumpulan eksperimen memperoleh pencapaian yang lebih tinggi secara signifikan berbanding pelajar dalam kumpulan kawalan selepas kesan skor pra pencapaian dikawal.

Jadual 2
Anggaran Min Marginal Pencapaian

Kumpulan	Min	Ralat Piawai	95% Sela Keyakinan	
			Had bawah	Had atas
Kawalan	17.46	.32	16.82	18.10
Eksperimen	21.98	.32	21.35	22.60

a. Kovariat yang muncul dalam model dinilai pada nilai berikut: Pra Pencapaian = 16.09

Walaupun nilai eta kuasa dua ($\eta^2 = .04$) menunjukkan saiz kesan yang kecil, dapatan ini masih penting secara pendidikan kerana ia memperlihatkan potensi simulasi PhET sebagai alat pembelajaran yang dapat meningkatkan pencapaian pelajar. Menurut Cohen (1988), nilai η^2 sekitar .01 menunjukkan kesan kecil, .06 kesan sederhana, dan .14 kesan besar. Oleh itu, nilai $\eta^2 = .04$ dalam kajian ini berada dalam kategori kesan kecil ke sederhana. Justeru, dapat disimpulkan bahawa penggunaan simulasi Fizik PhET lebih berkesan dalam meningkatkan pencapaian pelajar berbanding kaedah konvensional.

Penemuan ini sejajar dengan dapatan kajian terdahulu oleh Mahtari et al. (2020) yang menunjukkan bahawa penggunaan simulasi PhET membantu pelajar memahami konsep dengan lebih baik melalui visualisasi yang jelas terhadap fenomena abstrak. Kajian Dy et al. (2024) turut melaporkan peningkatan prestasi pelajar secara signifikan selepas mereka menggunakan simulasi PhET dalam pembelajaran. Dapatan ini juga menyokong prinsip dalam teori konstruktivisme yang menekankan pembinaan pengetahuan melalui pengalaman langsung dan pemerolehan sendiri. Simulasi PhET menyediakan peluang kepada pelajar untuk belajar secara aktif, meneroka pemboleh ubah dan memerhati kesan perubahan dalam situasi yang dikawal, seperti yang disarankan oleh kajian Yuliati et al. (2020).

Selain itu, keberkesanan simulasi ini juga dapat dikaitkan dengan Teori Multimedia oleh Mayer yang menegaskan bahawa pembelajaran lebih berkesan apabila maklumat disampaikan melalui gabungan saluran visual dan verbal. Simulasi PhET yang menggabungkan animasi, teks dan interaksi langsung membolehkan pelajar memahami konsep dua dimensi seperti gerakan projektil dengan lebih mudah dan mendalam. Kajian lepas oleh Kusairi et al. (2019), Kibirige dan Lehong (2016), serta Banda dan Nzababimana (2023) turut menyokong dapatan ini apabila

mendapati bahawa penggunaan pendekatan berasaskan pelajar dan teknologi simulasi dalam pengajaran dapat meningkatkan pencapaian pelajar secara menyeluruh.

Dari sudut praktikal, hasil kajian ini memberi isyarat bahawa bahan pembelajaran sendiri yang berasaskan simulasi bukan sahaja sesuai digunakan untuk topik-topik fizik yang kompleks, malah terbukti berkesan dalam membantu pelajar memahami konsep dengan lebih baik. Pelajar juga berpeluang belajar mengikut rentak dan gaya masing-masing yang secara tidak langsung meningkatkan penguasaan mereka terhadap topik yang diajar. Secara keseluruhannya, simulasi fizik PhET terbukti memberi kesan positif terhadap pencapaian pelajar dalam topik Gerakan Projektil. Kaedah ini bukan sahaja membantu meningkatkan pencapaian berbanding kaedah konvensional, tetapi turut disokong oleh teori pendidikan dan bukti empirik yang menunjukkan kepentingan penglibatan aktif, visualisasi, dan interaktiviti dalam proses pembelajaran fizik.

Kesimpulan

Dapatan kajian menunjukkan bahawa penggunaan simulasi fizik PhET dalam bahan pembelajaran sendiri membantu pelajar untuk memahami konsep ini dengan lebih mendalam. Selain itu, penggunaan simulasi dalam bahan pembelajaran sendiri juga memberi ruang kepada pelajar untuk belajar mengikut rentak masing-masing. Ianya menyokong pelbagai gaya pembelajaran, khususnya pelajar yang bersifat visual dan reflektif. Pelajar yang kurang faham semasa sesi kelas bersemuka dapat mengulangkaji secara sendiri menggunakan bahan simulasi yang disediakan. Keberkesanan ini juga menunjukkan bahawa pembelajaran sendiri boleh berlaku dengan lebih efektif apabila disertakan dengan elemen visual dan interaktif. Oleh itu, simulasi seperti simulasi fizik PhET dalam bahan sendiri dapat dijadikan sebagai alat sokongan pembelajaran yang fleksibel dan relevan dalam konteks pengajaran moden.

Penghargaan

Para penulis ingin merakamkan penghargaan dan ucapan terima kasih khas kepada semua peserta yang telah memberikan kerjasama penuh dalam menjayakan eksperimen bagi projek ini.

Rujukan

- Adams, W. K. (2010). Student engagement and learning with PhET interactive simulations. *Il Nuovo Cimento C*. <https://doi.org/10.1393/ncc/i2010-10623-0>
- Adams, W. K., Reid, S., Lemaster, R., McKagan, S. B., Perkins, K. K., Dubson, M., & Wieman, C. E. (2008). A study of educational simulations: Part I—Engagement and learning. *Journal of Interactive Learning Research*, 19(3), 397–419. <https://psycnet.apa.org/record/2008-12265-001>
- Ali AlOmani, N. H. (2023). The role of physics in engineering and modern technology: Historical contributions and contemporary examples. *International Journal of Mathematics and Physical Sciences Research*, 11(1), 31–35. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7948100>
- Ali, N., Abdullah, M. H., & Ab Rahman, A. (2020). Penilaian keberkesanan modul pembelajaran sendiri strategi pemahaman membaca teks bahasa Arab (MPK SPMBA) untuk pelajar pengajian islam di institusi pengajian tinggi. *Jurnal Islam Dan Masyarakat Kontemporari*, 21(1), 20–37. <https://doi.org/10.37231/jimk.2020.21.1.437>
- Almasri, F. (2022). Simulations to teach science subjects: Connections among student's engagement, self confidence, satisfaction, and learning styles. *Education and*

- Information Technologies*, 27, 7161–7181. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10940-w>
- Amir, S., & Marisda, D. H. (2021). Effectiveness of guided inquiry learning models viewed from physics learning achievements. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 9(2), 135. <https://doi.org/10.20527/bipf.v9i2.8630>
- Antonio, R. P., & Castro, R. R. (2023). Effectiveness of virtual simulations in improving secondary students' achievement in Physics: A meta-analysis. *International Journal of Instruction*, 16(2), 533–556. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16229a>
- Arif, A. H., Tho, S. W., & Ayop, S. K. (2021). Pembangunan modul pembelajaran STEM berintegrasikan BYOD (Bring Your Own Device) untuk pendidikan fizik di kolej matrikulasi: Satu analisis keperluan. *Practitioner Research*, 3. <https://doi.org/10.32890/pr2021.3.9>
- Aslan, F., & Buyuk, U. (2021). Misconceptions in projectile motion and conceptual changes via GeoGebra applications. *European Journal of Educational Sciences*, 8(3), 42–62. <https://doi.org/10.19044/ejes.v8no3a42>
- Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2023). The impact of PhET interactive simulation-based learning on motivation and academic achievement among Malawian physics students. *Journal of Science Education and Technology*, 32, 127–141. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-10010-3>
- Bahagian Matrikulasi Kementerian Pendidikan Malaysia (BMKPM) (2022). *Portal rasmi kementerian pendidikan*. <https://www.moe.gov.my/pendidikan/lepas-menengah/matrikulasi>
- Cohen, J. (1998). *Statistical power analysis for the behavioural sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227–268. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01
- de Dios, P. J. S., Bronzal, E. M. M., Lorda, A. L., Calleja, E. D., Carinan, C. A., & Cabiles, R. C. (2022). Evaluation of English self-learning modules in the implementation of modular distance learning. *Journal of English Education and Linguistics*, 3(2), 33–69. <https://doi.org/10.56874/jeel.v3i2.883>
- Dy, A. U., Lagura, J. C., & Baluyos, G. R. (2024). Using PhET interactive simulations to improve the learners' performance in science. *EduLine Journal of Education and Learning Innovation*, 4(4), 520–530. <https://doi.org/10.35877/454ri.eduline2981>
- Gani, A., Syukri, M., Khairunnisak, K., Nazar, M., & Sari, R. P. (2020). Improving concept understanding and motivation of learners through PhET simulation word. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(4), Article 042013. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/4/042013>
- Good, M. L. (2018). Undergraduate and graduate students' attitudes and approaches to problem solving [Doctoral dissertation, University of Pittsburgh]. University of Pittsburgh. <http://d-scholarship.pitt.edu/34883/1/MelanieLGoodDissertation.pdf>
- Guido, R. M. (2013). Attitude and motivation towards learning physics. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 2(11), 2087–2094. <http://www.ijert.org>
- Haryadi, R., & Pujiastuti, H. (2020). PhET simulation software-based learning to improve science process skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521, Article 022017. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022017>

- Ibrahim, N., Zakian, M. A. A., & Damio, S. M. (2019). Attitude in learning physics among Form Four students. *Social and Management Research Journal*, 16(2), 19. <https://doi.org/10.24191/smrj.v16i2.7060>
- Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: A case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36(2), 183–204. [https://doi.org/10.1016/S0360-1315\(00\)00059-2](https://doi.org/10.1016/S0360-1315(00)00059-2)
- Khoury, O. (2022). Perceptions of student-centered learning in online translator training: Findings from Jordan. *Heliyon*, 8(6), Article e09644. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09644>
- Kibirige, I., & Lehong, M. J. (2016). The effect of cooperative learning on Grade 12 learners' performance in projectile motions, South Africa. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(9), 2543–2556. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1250a>
- Kizi, I. Y. N. (2022). Organization of modular training in education. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 10(6), 1341–1353. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.44397>
- Klein, P., Ivanjek, L., Dahlkemper, M. N., Jeličić, K., Geyer, M.-A., Küchemann, S., & Susac, A. (2021). Studying physics during the COVID-19 pandemic: Student assessments of learning achievement, perceived effectiveness of online recitations, and online laboratories. *Physical Review Physics Education Research*, 17, Article 010117. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.010117>
- Kusairi, S., Imtinan, S., & Swasono, P. (2019). Increasing students' understanding in the concept of projectile motion with modelling instruction accompanied by embedded formative e-assessment. *Journal of Physics: Conference Series*, 1387, Article 012081. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1387/1/012081>
- Kwak, S. G., & Kim, J. H. (2017). Central limit theorem: The cornerstone of modern statistics. *Korean Journal of Anesthesiology*, 70(2), 144–156. <https://doi.org/10.4097/kjae.2017.70.2.144>
- Lahlali, A., Chafiq, N., Radid, M., Moundy, K., & Srour, C. (2023). The effect of integrating interactive simulations on the development of students' motivation, engagement, interaction and school results. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 18(12), 193–207. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i12.39755>
- Mahtari, S., Wati, M., Hartini, S., Misbah, M., & Dewantara, D. (2020). The effectiveness of the student worksheet with PhET simulation used scaffolding question prompt. *Journal of Physics: Conference Series*, 1422, Article 012010. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1422/1/012010>
- Meyer, B., Haywood, N., Sachdev, D., & Faraday, S. (2008). What is independent learning and what are the benefits for students? <https://www.ahpo.net/assets/whatisindependentlearningandwhatarethebenefits.pdf>
- Mills, G. E., & Gay, L. R. (2019). *Educational research: Competencies for analysis and applications* (12th ed.). Pearson.
- Minchen, B (2017, November 11). *exploring vectors and projectile motion. PhET interactive simulations*. <https://phet.colorado.edu/en/contributions/view/4688>
- Mrani, C. A., El Hajjami, A., & El Khatibi, K. (2020). Effects of the integration of PhET simulations in the teaching and learning of the physical sciences of common core (Morocco). *Universal Journal of Educational Research*, 8(7), 3014–3025. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080730>

- Mukama, A., & Gapfizi, P. (2025). Effect of a physics educational technology on students' conceptual understanding in physics: A case at a secondary school in Ngoma District. *East African Journal of Education and Social Sciences*, 6(1), 31–36. <https://doi.org/10.46606/eajess2025v06i01.0421>
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Prescott, A., & Mitchelmore, M. (2005). Teaching projectile motion to eliminate misconceptions. In H. L. Chick & J. L. Vincent (Eds.), *Proceedings of the 29th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, pp. 97–104). PME29. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED496953.pdf>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2022). Self-determination theory. In F. Maggino (Ed.), *Encyclopedia of quality of life and well-being research* (pp. 1–7). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69909-7_2630-2
- Saepuzaman, D., & Karim, S. (2016). Desain pembelajaran *student's conceptual construction guider* berdasarkan kesulitan mahasiswa calon guru fisika pada konsep gerak parabola. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 2(2), 79. <https://doi.org/10.21009/1>
- Sokolowski, A. (2021). *Understanding physics using mathematical reasoning: A modeling approach for practitioners and researchers*. Springer Nature.
- Sutarno, S., Putri, D. H., Risdianto, E., Satriawan, M., & Malik, A. (2021). The students' physics problem-solving skills in a basic physics course. *Journal of Physics: Conference Series*, 1731(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1731/1/012078>
- Tahir, S. A., Harun, M. F., & Yaakob, S. F. (2024). Kesan penggunaan lembaran aktiviti sebagai bahan bantu pembelajaran topik *projectile motion* menggunakan simulasi PhET. *International Journal of Future Education and Advances (IJFEA)*, 1(1), 311–316. <https://www.masree.info/wp-content/uploads/2024/03/IJFEA-Article-40.pdf>
- Taibu, R., Mataka, L., & Shekoyan, V. (2021). Using PhET simulations to improve scientific skills and attitudes of community college students. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology*, 9(3), 353–370. <https://doi.org/10.46328/ijemst.1214>
- Vosniadou, S. (2020). Bridging secondary and higher education: The importance of self-regulated learning. *European Review*, 28(S1), S94–S103. <https://doi.org/10.1017/S1062798720000939>
- Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2008). PhET: Simulations that enhance learning. *Science*, 322(5902), 682–683. <https://doi.org/10.1126/science.1161948>
- Wilbraham, S. J., Jones, E., Brewster, L., Priestley, M., Broglia, E., Hughes, G., & Spanner, L. (2024). Inclusion or isolation? Differential student experiences of independent learning and wellbeing in higher education. *Education Sciences*, 14(3), Article 285. <https://doi.org/10.3390/educsci14030285>
- Winingsih, P. H., Kuswanto, H., Saputro, H., Purwanto, J., Erlangga, S. Y., Purnama, A. Y., Sebastian, R., & Silvia, S. (2023). Analysis of understanding of physics concepts through problem solving units review in free fall motion materials. *Revista Mexicana de Física E*, 20(2). <https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.20.020205>
- Yu, W., & Du, X. (2019). Implementation of a blended learning model in content-based EFL curriculum. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(5), 188–199. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i05.8546>

Yuliati, L., Nisa, F., & Mufti, N. (2020). Acquisition of projectile motion concepts on phenomenon based physics' experiential learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1422, Article 012007. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1422/1/012007>

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2