

KESAN PENGGUNAAN APLIKASI SIMULASI DIGITAL PHET SEBAGAI ALAT BANTU MENGAJAR FIZIK DI SMK DATO' ZULKIFLI MUHAMMAD (SMKDZM): SATU KAJIAN KES

THE EFFECT OF USING PHET DIGITAL SIMULATION APPLICATION AS A TOOL FOR TEACHING PHYSICS AT SMK DATO' ZULKIFLI MUHAMMAD (SMKDZM): SATU KAJIAN KES

Sfendy Shane Chin¹
Rafiq Mohd Radzi²
Anis Diyana Halim^{3*}

¹Jabatan Fizik, Fakulti Sains dan Matematik, Universiti Pendidikan Sultan Idris
(E-mail: d20221103727@siswa.upsi.edu.my)

²Jabatan Fizik, Fakulti Sains dan Matematik, Universiti Pendidikan Sultan Idris
(E-mail: d20221103734@siswa.upsi.edu.my)

³Jabatan Fizik, Fakulti Sains dan Matematik, Universiti Pendidikan Sultan Idris
(Email: anis.diyana@fsmt.upsi.edu.my)

Article history

Received date : 23-10-2024
Revised date : 24-10-2024
Accepted date : 15-12-2024
Published date : 31-12-2024

To cite this document:

Sfendy Shane, C., Rafiq, M. R., & Anis Diyana, H. (2025). Kesan penggunaan aplikasi simulasi digital phet sebagai alat bantu mengajar fizik di Smk Dato' Zulkifli Muhammad (SMKDZM): Satu kajian kes. *Jurnal Penyelidikan Sains Sosial (JOSSR)*, 7 (25), 1 - 10.

Abstrak: Penggunaan simulasi digital merupakan perkara yang tidak asing lagi dalam era pendigitalan pendidikan. Pada mata pelajaran Fizik, simulasi PhET (Physics Education Technology) dibangunkan bagi membantu murid untuk mempelajari konsep Fizik yang abstrak. Kajian ini dijalankan adalah untuk mengenal pasti kesan-penggunaan digital simulasi PhET terhadap mata pelajaran Fizik. Kajian ini merupakan kajian kes yang melibatkan seramai tujuh belas orang pelajar Fizik Tingkatan Empat di Sekolah Menengah Kebangsaan Dato' Zulkifli Muhammad, Perak. Hasil kajian menunjukkan bahawa terdapat beberapa kesan signifikan melalui penggunaan simulasi digital PhET dalam pembelajaran.

Kata Kunci: Pendidikan, Simulasi Digital, PhET, Fizik Tingkatan Empat

Abstract: The use of digital simulation is a familiar thing in the era digitization of education. In Physics subject, PhET (Physics Education Technology) simulations are developed to help students learn abstract Physics concept. This study was conducted to identify the effects of digital use of PhET simulations on Physics subject. This study is a case study involving seventeen Form Four students at SMK Dato Zulkifli Muhamad, Perak. The results of the study show that there are some significant effects through the use of PhET digital simulation in learning.

Keywords: Education, Digital Simulation, Form Four Physics

Pengenalan

Pendidikan digital merupakan perkara yang tidak asing lagi dalam negara akibat dengan perkembangan teknologi maklumat yang pesat dalam era modenisasi ini. Pendidikan digital merangkumi pembelajaran mengenai pengetahuan, kemahiran dan nilai berkaitan dengan teknologi digital serta pengajaran dan pembelajaran (PdP) yang menggunakan teknologi digital secara bersepadu, kreatif dan inovatif untuk melahirkan generasi fasih digital” (Kementerian Pendidikan Malaysia [KPM], 2023, ms. 18). Melalui pendekatan ini, sekolah perlu mula mengorak langkah untuk mengubah daripada kaedah Pengajaran dan Pembelajaran (PdP) tradisional ke arah PdP moden dengan bantuan teknologi-teknologi digital pada masa kini demi memenuhi kehendak dan keperluan pembelajaran abad ke-21.

Aplikasi simulasi digital Phet atau singkatan kepada “*Physics Education Technology*” adalah koleksi simulasi komputer yang merangkumi pelbagai topik dalam fizik, kimia, biologi, sains dan matematik. Simulasi ini dibangunkan untuk menjadikan pembelajaran menjadi lebih menarik dan mudah digunakan supaya membolehkan pelajar berinteraksi dengan konsep-konsep saintifik melalui eksperimen secara maya dan virtual yang menyeronokkan (PhET Simulations, 2018). Aplikasi simulasi digital PhET yang dikembangkan oleh University of Colorado Boulder, adalah sebuah platform simulasi interaktif yang dirancang untuk membantu pengajaran dan pembelajaran dalam bidang sains dan matematik. Dengan menggunakan teknologi interaktif, aplikasi ini menawarkan simulasi yang menggambarkan konsep-konsep abstrak dan eksperimen yang sukar dilaksanakan di makmal sebenar.

Aplikasi simulasi digital PhET menawarkan satu pendekatan inovatif dalam pengajaran dan pembelajaran yang dapat meningkatkan pemahaman, minat, dan keterlibatan pelajar dalam subjek sains dan matematik. Dengan menggunakan simulasi interaktif ini, pelajar dapat meneroka dan memahami konsep-konsep abstrak dengan cara yang lebih menarik dan efektif. Integrasi teknologi seperti aplikasi simulasi digital PhET dalam bilik darjah adalah langkah penting dalam memperkasa pendidikan dan menyediakan pelajar untuk menghadapi cabaran dunia moden.

Kajian Literatur

Berdasarkan kajian yang dijalankan oleh Sumathi Ganesan (2020), aplikasi simulasi digital PhET boleh membantu guru menyelaraskan strategi pengajaran bagi pelajar milenium dengan mewujudkan persekitaran yang positif apabila pelajar terlibat secara aktif darjah dan guru bertindak sebagai fasilitator membimbing pelajar. Penggunaan aplikasi simulasi digital PhET ini dalam pembelajaran Fizik amatlah sesuai digunakan kepada pelajar-pelajar untuk membantu mereka mengembangkan lagi kemahiran berfikir mereka. Penggunaan simulasi PhET dalam pengajaran dan pembelajaran Fizik akan menjadi salah satu saluran kepada para guru dan pelajar untuk meningkatkan tahap penggunaan ICT yang mempunyai potensi yang besar untuk memacu proses pembelajaran ilmu dan kemahiran berfikir yang luas (Maniarrasan Thanikalasam, 2020).

Menurut Bello (2022), aplikasi simulasi digital PhET ini mampu membantu pelajar membuat hubungan hubungan antara fenomena kehidupan sebenar dengan ilmu sains. Penggunaan aplikasi simulasi digital PhET ini amat sesuai dalam membina daya pemikiran pelajar untuk menghubungkan ilmu pengetahuan yang dipelajari dengan situasi kehidupan yang sebenar. Perkara ini juga mendapat sokongan daripada kajian oleh Benda dan Nazbahimana (2021), yang menyatakan bahawa aplikasi simulasi digital PhET ini dapat meningkatkan pemahaman konsep Fizik yang dipelajari dan membuat integrasi pemahaman tersebut ke dalam persekitaran yang pelbagai. Hal ini dikatakan sedemikian kerana penggunaan aplikasi simulasi digital PhET ini

membolehkan pembelajaran dan pengajaran Fizik menjadi lebih menarik, menyeronokkan, dan lebih mencabar kepada pelajar (Ismalia et al., 2022).

Berdasarkan kajian yang dilaksanakan oleh Rizaldi et al. (2020) menyatakan bahawa aplikasi simulasi digital PhET dapat digunakan secara efektif bagi menerangkan konsep-konsep yang sukar dan kompleks ia dapat dilaksanakan dan dilihat secara terus. Astutuk dan Prahnai (2018) menyatakan bahawa penggunaan aplikasi simulasi digital PhET dalam pelajaran dapat meningkatkan kreativiti saintifik mereka. Ia membantu pelajar untuk lebih terlibat secara aktif dalam perbincangan kelas. Elangovan & Zurida (2013) menyatakan penggunaan simulasi sebagai alat pembelajaran masih kurang dalam mata pelajaran Fizik di Malaysia. Ini memberikan satu peluang yang baik bagi aplikasi simulasi digital PhET untuk diterapkan dalam pendidikan di Malaysia.

Menurut Adams et al. (2008), penggunaan aplikasi simulasi digital PhET dalam pengajaran fizik telah menunjukkan peningkatan yang ketara dalam pemahaman pelajar mengenai konsep-konsep yang kompleks. Kajian mereka mendapati bahawa pelajar yang menggunakan aplikasi simulasi digital PhET menunjukkan pencapaian yang lebih tinggi dalam ujian konsep berbanding pelajar yang tidak menggunakan simulasi ini.

Kajian oleh Perkins et al. (2006), mendapati bahawa aplikasi simulasi digital PhET meningkatkan keterlibatan dan motivasi pelajar dalam subjek sains. Pelajar melaporkan bahawa simulasi ini lebih menarik dan menyeronokkan berbanding dengan kaedah pengajaran tradisional. Ini selaras dengan dapatan daripada kajian Wieman et al. (2010), yang menunjukkan bahawa pelajar lebih berminat untuk meneroka topik-topik sains melalui simulasi berbanding dengan pembelajaran berbasis buku teks semata-mata.

Wilcox dan Lewandowski (2016), menyatakan bahawa aplikasi simulasi digital PhET memberikan peluang kepada pelajar untuk menjalankan eksperimen maya, yang mana mereka boleh meneroka dan memahami prinsip-prinsip saintifik melalui percubaan dan kesilapan. Ini membolehkan pelajar membina pemahaman yang lebih mendalam dan bermakna mengenai konsep-konsep yang dipelajari.

Penggunaan aplikasi simulasi digital PhET juga membantu dalam pembangunan kemahiran abad ke-21, seperti pemikiran kritis, penyelesaian masalah, dan literasi digital. Menurut Moore et al. (2014b), pelajar yang menggunakan aplikasi simulasi digital PhET dalam pembelajaran mereka menunjukkan peningkatan dalam kemahiran ini, yang penting untuk kejayaan mereka di masa hadapan.

Kajian oleh Finkelstein et al. (2005), menunjukkan bahawa salah satu cabaran utama dalam penggunaan aplikasi simulasi digital PhET adalah kesediaan dan kebolehan guru untuk mengintegrasikan teknologi ini dalam pengajaran mereka. Guru memerlukan latihan dan sokongan yang mencukupi untuk menggunakan aplikasi tersebut secara efektif sebelum digunakan sebagai alat bantu mengajar di bilik darjah.

Terdapat juga cabaran dari segi aksesibiliti teknologi dalam penggunaan aplikasi simulasi digital PhET. Perkara ini boleh dilihat dalam kajian oleh Henderson et al. (2011), mendapati bahawa sekolah-sekolah di kawasan luar bandar atau yang kurang berkemampuan mungkin menghadapi kesukaran untuk menyediakan peralatan yang diperlukan untuk menggunakan aplikasi simulasi digital PhET, seperti kekurangan komputer dan sambungan internet yang stabil di kawasan tersebut.

Secara ringkasnya, kajian literatur menunjukkan bahawa aplikasi simulasi digital PhET mempunyai potensi besar dalam meningkatkan kualiti pengajaran dan pembelajaran dalam bidang sains dan matematik. Walaupun terdapat beberapa cabaran, manfaat yang diperoleh daripada penggunaan simulasi interaktif ini jelas lebih besar. Pengintegrasian teknologi seperti aplikasi simulasi digital PhET dalam pendidikan memerlukan sokongan yang berterusan dari semua pihak yang terlibat, termasuklah pentadbir sekolah, guru, dan pembuat dasar-dasar pendidikan.

Objektif Kajian

Justeru, kajian kes ini juga bertujuan mengetahui kesan aplikasi simulasi digital PhET ke atas murid-murid Fizik tingkatan 4 di SMKDZM. Secara terperinci objektif kajian ini ialah:

1. Mengetahui kesan penggunaan aplikasi simulasi digital PhET terhadap pembelajaran murid-murid.
2. Mengetahui cabaran yang dihadapi murid terhadap penggunaan aplikasi simulasi digital PhET di sekolah.

Metodologi Kajian

Rekabentuk kajian ini adalah kajian kes dan Kajian ini dilaksanakan melalui dua pendekatan, iaitu kaedah kualitatif dan kaedah kuantitatif. Tujuan kajian ini adalah untuk mengenal pasti kesan-kesan yang berlaku terhadap pelajar semasa menggunakan aplikasi simulasi digital PhET sebagai alat bantu mengajar dalam mata pelajaran Fizik. Untuk mencapai tujuan tersebut, pengkaji telah menggunakan pendekatan kuantitatif dengan melaksanakan ujian bertulis sebanyak dua kali kepada tujuh belas pelajar Tingkatan Empat di SMKDZM, berfokus pada topik pembelajaran Fizik yang telah dipelajari dalam kelas, iaitu Bab 2.5 Momentum. Sebelum kajian dijalankan, pengkaji telah mendapat persetujuan dan kebenaran daripada pihak pentadbiran untuk melaksanakan kajian ini terhadap tujuh belas pelajar tingkatan 4 di SMKDZM. Tujuh belas pelajar tersebut dipilih kerana hanya ada tujuh belas pelajar sahaja yang mengambil mata pelajaran Fizik Tingkatan 4 di SMKDZM. Pelajar Tingkatan 5 pula tidak terlibat dalam ujian ini kerana tidak mendapat kebenaran daripada pihak SMKDZM untuk menjalankan ujian untuk memberi laluan kepada mereka fokus dengan peperiksaan Sijil Pelajaran Malaysia (SPM). Soalan-soalan dalam ujian ini dibina berdasarkan tiga tahap taksonomi Bloom, iaitu aras Pengetahuan, Kefahaman, dan Aplikasi.

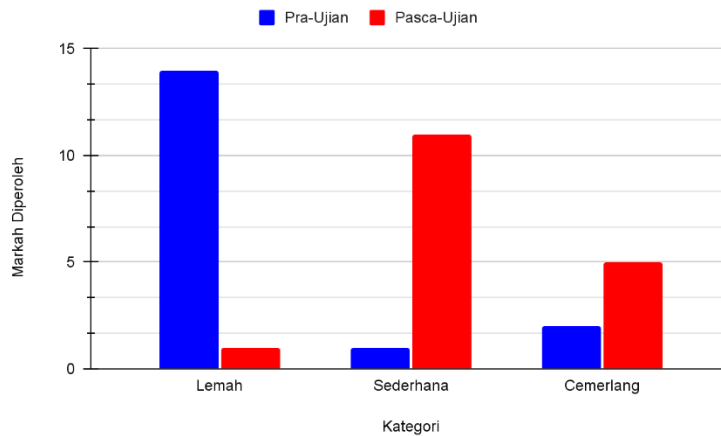
Ujian pertama yang dilaksanakan adalah pra-ujian, bertujuan untuk mengenal pasti tahap pemahaman pelajar terhadap mata pelajaran Fizik sebelum pengenalan aplikasi simulasi digital PhET. Setelah pra-ujian dijalankan, pengkaji mengajar pelajar cara menggunakan aplikasi simulasi digital PhET yang berkaitan dengan Bab 2.5 Momentum melalui kaedah pengajaran mikro. Pengajaran mikro merujuk kepada sesi pengajaran yang menumpukan pada topik kecil dalam kumpulan kecil dengan jangka masa yang terhad (S., 2024). Melalui teknik ini, pengkaji dapat menyampaikan Bab 2.5 Momentum secara ringkas menggunakan aplikasi simulasi digital PhET. Setelah sesi pengajaran mikro selesai, ujian kedua, iaitu pasca-ujian, dilaksanakan untuk menilai keberkesanan penggunaan aplikasi simulasi digital PhET dalam mata pelajaran Fizik.

Dapatan Kajian

Pengkaji membuat perbandingan markah berdasarkan jumlah markah yang diperoleh oleh tujuh belas orang pelajar dalam pra-ujian dan pasca-ujian dengan memecahkan pemarkahan tersebut kepada 3 kategori mengikut julat pemarkahan. Jadual 1 di bawah menunjukkan perbandingan markah mengikut pemecahan markah pelajar.

Jadual 1: Perbandingan Antara Pra-Ujian dan Pasca-Ujian

Ujian	Pra-Ujian	Pasca-Ujian
Markah Diperoleh (/10)	Kategori	Bilangan Pelajar
0 - 3	Lemah	14
4 - 6	Sederhana	1
7 - 10	Cemerlang	11
Jumlah		17



Rajah 1: Perbandingan Antara Pra-Ujian dan Pasca-Ujian

Berdasarkan Jadual 1 dan Rajah 1:

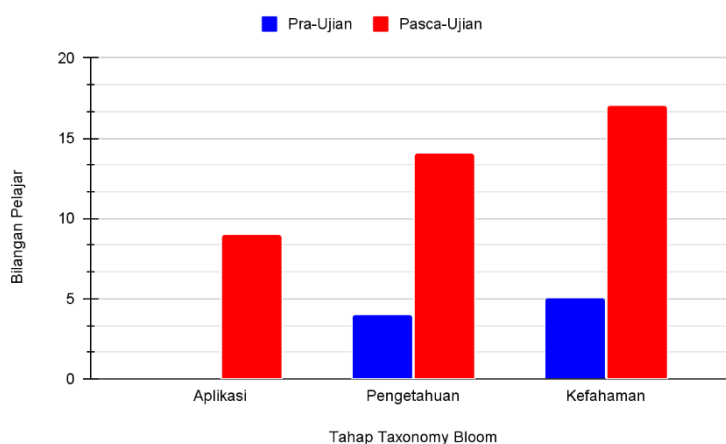
- (Markah pra ujian > markah pasca ujian) dalam kategori lemah
- (Markah pra ujian < markah pasca ujian) dalam kategori sederhana
- (Markah pra ujian < markah pasca ujian) dalam kategori cemerlang

Berdasarkan data-data tersebut, pengkaji boleh menyimpulkan bahawa aplikasi simulasi digital PhET ini mampu memberikan kesan terhadap pembelajaran pelajar dalam mata pelajaran Fizik. Hal ini dikatakan sedemikian kerana hasil menunjukkan empat belas orang pelajar dalam kategori lemah dalam pra ujian berkurang sehingga seorang pelajar sahaja manakala dalam kategori sederhana pula menunjukkan seorang pelajar sahaja dalam pra ujian tetapi menunjukkan peningkatan dalam pasca ujian iaitu sebanyak sebelas orang dalam pasca ujian iaitu lima orang berbanding dengan bilangan markah pelajar dalam pra ujian iaitu seorang sahaja.

Pengkaji juga membuat penilaian tahap kefahaman pelajar berdasarkan jawapan yang diberikan dalam ujian dengan menggunakan konsep taksonomi bloom. Soalan ujian yang dilaksanakan adalah mengikut tiga tahap taksonomi bloom iaitu pengetahuan, kefahaman dan aplikasi. Jadual 2 menunjukkan data pelajar yang berjaya menjawab soalan berdasarkan tahap taksonomi bloom serta peratusan peningkatan bilangan pelajar dalam ujian.

Jadual 2: Bilangan Pelajar Berjaya Menjawab Soalan Berdasarkan Tahap Taksonomi Bloom

Ujian	Ujian Pra	Ujian Pasca	Peningkatan %	Purata%
Tahap	Bilangan Pelajar (/17 orang)			
Aplikasi	0	9	53	61%
Kefahaman	4	14	59	
Pengetahuan	5	17	71	



Rajah 2: Perbandingan Antara Pra-Ujian dan Pasca-Ujian

Jadual 2 dan Rajah 2 menunjukkan hasil kajian terhadap kesan pelajar menggunakan aplikasi simulasi digital PhET dalam mata pelajaran Fizik. Hasil menunjukkan peningkatan sebanyak lima puluh tiga peratus bilangan pelajar berjaya mencapai tahap aplikasi dalam Bab 2.5 Momentum. Hasil juga menunjukkan peningkatan dalam tahap kefahaman pelajar dalam bab tersebut iaitu sebanyak lima puluh sembilan peratus. Di samping itu, peningkatan tertinggi ialah sebanyak tujuh puluh satu peratus dalam tahap pengetahuan pelajar. Ketiga-tiga tahap ini memberikan purata peningkatan sebanyak enam puluh satu peratus dalam ujian yang dilaksanakan.

Perbincangan

Aplikasi simulasi digital PhET, yang dibangunkan oleh University of Colorado Boulder, merupakan satu aplikasi interaktif yang digunakan secara meluas dalam pengajaran dan pembelajaran sains dan matematik, kini aplikasi simulasi digital PhET telah berkembang meliputi pelbagai disiplin ilmu. Penggunaan simulasi ini sebagai alat bantu mengajar telah mendapat perhatian dalam kalangan pendidik dan penyelidik pendidikan kerana aplikasi simulasi tersebut menawarkan pelbagai manfaat yang berpotensi meningkatkan kefahaman pelajar terhadap konsep pembelajaran dalam kelas ataupun di luar bilik darjah. Bahagian ini akan mengupas manfaat, cabaran, dan strategi pengintegrasian terhadap penggunaan aplikasi simulasi digital PhET.

Dalam kajian ini pengkaji mendapati bahawa aplikasi simulasi digital PhET memberikan kesan dalam membolehkan pelajar meneroka konsep-konsep abstrak subjek mata pelajaran Fizik melalui visualisasi interaktif. Sebagai contoh, dalam pembelajaran fizik, pelajar dapat melihat dan memanipulasi fenomena seperti gelombang, gerakan, dan tenaga melalui simulasi yang

disediakan. Ini membantu pelajar memahami konsep yang sukar difahami melalui penerangan teks sahaja (Wieman et al., 2010). Hal ini dapat dilihat dalam dapatan kajian yang menunjukkan peningkatan sebanyak lima puluh sembilan peratus pelajar berada dalam tahap kefahaman Bab 2.5 Momentum dalam mata pelajaran Fizik Tingkatan Empat.

Seterusnya, pengkaji juga mendapat bahawa penggunaan aplikasi simulasi digital PhET dapat menyokong pembelajaran sendiri. Pelajar boleh menggunakan simulasi ini pada bila-bila masa dan di mana-mana tempat yang mempunyai akses kepada internet. Keupayaan untuk mengubah parameter dengan menggunakan simulasi tersebut memberikan pelajar peluang menjalankan eksperimen maya tanpa memerlukan peralatan khas dari makmal serta membolehkan mereka mengulangkaji konsep-konsep yang dipelajari di dalam kelas pada kadar mereka sendiri. Pembelajaran sendiri ini penting untuk membina kemahiran pembelajaran sepanjang hayat yang diperlukan dalam dunia yang sentiasa berubah (Adams et al., 2008).

Pengkaji juga mendapati bahawa penggunaan aplikasi simulasi digital PhET ini turut mendukung pengajaran yang lebih interaktif dan menarik. Guru boleh menggunakan simulasi ini sebagai alat bantu mengajar untuk menerangkan konsep-konsep yang kompleks. Sebagai contoh, pengkaji dapat menunjukkan perbezaan antara pelanggaran kenyal dan pelanggaran tidak kenyal dengan menggunakan simulasi tersebut semasa pengajaran mikro dilaksanakan. Perkara ini juga dapat sokongan daripada kajian lepas oleh Finkelstein et al. (2006), yang menggunakan simulasi bagi mata pelajaran biologi untuk membuat simulasi proses fotosintesis atau kitaran air, membuktikan bahawa penggunaan simulasi dapat membantu pelajar memahami dengan lebih jelas melalui animasi dan interaksi langsung dengan model yang disediakan.

Di samping itu, penggunaan aplikasi simulasi digital PhET juga menyediakan persekitaran yang selamat untuk melakukan eksperimen yang berpotensi berbahaya atau mahal. Hal ini dikatakan demikian kerana pelajar tidak perlu pemantauan keselamatan daripada guru pengajar sewaktu menjalankan amali secara maya melalui penggunaan simulasi tersebut dan mereka tidak akan didedahkan sebarang perkara yang berbahaya sewaktu menjalankan amali tersebut. Ini memperkayakan pengalaman pembelajaran mereka dan memberi peluang kepada mereka untuk bereksperimen dengan lebih bebas dan kreatif (Moore et al., 2014a).

Pengkaji juga mendapati bahawa aplikasi simulasi digital PhET ini turut memberikan kesan dalam memupuk kerjasama dan komunikasi pelajar. Penggunaan aplikasi ini dapat dijalankan dalam bentuk kumpulan dan aktiviti yang dijalankan dalam kumpulan membolehkan pelajar untuk berbincang dan berkongsi penemuan mereka berdasarkan simulasi yang dijalankan. Ini bukan sahaja meningkatkan kefahaman mereka terhadap subjek yang dipelajari tetapi juga menggalakkan kemahiran sosial yang penting dalam kehidupan seharian dan menjamin masa depan kerjaya pelajar. Hal ini dikatakan sedemikian kerana pada hari ini memerlukan individu mempunyai kemahiran komunikasi yang baik untuk meningkatkan produktiviti dalam pekerjaan yang dilaksanakan (Page, 2021).

Walaupun terdapat banyak kesan yang memberikan manfaat terhadap penggunaan aplikasi simulasi digital PhET, namun pengkaji mendapati penggunaan simulasi tersebut juga mempunyai cabaran-cabaran tertentu. Salah satu cabaran utama dalam penggunaan aplikasi simulasi digital PhET ini ialah kesediaan guru dan pelajar dalam menceburi peralihan pendidikan tradisional ke arah pendidikan digital. Hal ini dikatakan sedemikian kerana, penggunaan simulasi ini memerlukan tahap literasi digital tertentu dalam kalangan guru dan pelajar. Guru perlu mahir dalam menggunakan teknologi ini dan mengintegrasikannya ke dalam pengajaran dengan cara yang berkesan. Pelajar juga perlu mempunyai kemahiran asas dalam

menggunakan komputer dan internet untuk memanfaatkan sepenuhnya simulasi ini (Smetana & Bell, 2012).

Selain itu, terdapat juga kebimbangan tentang ketergantungan yang berlebihan kepada teknologi dalam pembelajaran. Jika tidak dikawal dengan baik, pelajar mungkin lebih cenderung untuk bergantung pada simulasi tanpa benar-benar memahami konsep yang diajar. Oleh itu, penting untuk guru mengimbangi penggunaan simulasi dengan kaedah pengajaran tradisional dan memastikan bahawa pelajar memahami konsep asas secara mendalam (Zacharia & Olympiou, 2011).

Bagi memastikan keberkesanan penggunaan aplikasi simulasi digital PhET dalam proses pembelajaran, pengkaji mendapati perlunya beberapa strategi pengintegrasian boleh diterapkan. Pertama, guru perlu menjalani latihan yang mencukupi untuk menguasai penggunaan simulasi ini. Latihan ini bukan sahaja melibatkan aspek teknikal, tetapi juga cara-cara untuk mengintegrasikan simulasi ke dalam kurikulum dengan berkesan (Smetana & Bell, 2012).

Kedua, guru perlu merancang aktiviti pembelajaran menyeluruh yang melibatkan penggunaan aplikasi simulasi digital PhET. Aktiviti ini haruslah direka bentuk untuk menggalakkan interaksi pelajar dengan simulasi dan antara satu sama lain. Contohnya, guru boleh merancang aktiviti kumpulan di mana pelajar perlu menyelesaikan masalah atau menjalankan eksperimen menggunakan aplikasi simulasi digital PhET dan kemudian membentangkan penemuan mereka kepada kelas (Perkins et al., 2006).

Ketiga, penilaian berterusan perlu dilakukan untuk mengukur keberkesanan penggunaan simulasi ini. Guru boleh menggunakan pelbagai kaedah penilaian seperti kuiz, ujian, dan projek untuk menilai pemahaman pelajar terhadap konsep-konsep yang dipelajari melalui aplikasi simulasi digital PhET. Maklum balas daripada penilaian ini boleh digunakan untuk memperbaiki aktiviti pembelajaran yang melibatkan simulasi tersebut (Hestenes, 2010).

Kesimpulan

Secara keseluruhannya, aplikasi simulasi digital PhET menawarkan potensi besar sebagai alat bantu mengajar dalam pengajaran dan pembelajaran sains dan matematik. Dengan menyediakan visualisasi yang interaktif dan peluang untuk eksperimen maya, simulasi ini membantu pelajar untuk memahami konsep-konsep yang sukar. Namun demikian, untuk merealisasikan potensi penuh aplikasi simulasi digital PhET, cabaran-cabaran seperti akses kepada teknologi dan literasi digital perlu diatasi. Dengan sokongan dan latihan yang sesuai, aplikasi simulasi digital PhET dapat menjadi komponen penting dalam pendidikan moden yang mendorong pembelajaran yang lebih mendalam dan bermakna.

Penggunaan aplikasi simulasi digital PhET yang efektif memerlukan kerjasama antara pihak sekolah, guru, dan ibu bapa untuk memastikan pelajar mendapat manfaat yang maksimum daripada teknologi digital ini. Dengan komitmen bersama, aplikasi simulasi digital PhET boleh membantu melahirkan generasi pelajar yang lebih celik sains dan teknologi serta bersedia untuk menghadapi cabaran masa depan. Sebagai alat bantu mengajar yang inovatif, aplikasi simulasi digital PhET berpotensi untuk mengubah landskap pendidikan dengan menyediakan pengalaman pembelajaran yang lebih menarik, interaktif, dan efektif.

Penyelidikan berterusan perlu dijalankan untuk menilai impak jangka panjang penggunaan aplikasi simulasi digital PhET dalam pembelajaran. Penemuan daripada penyelidikan ini boleh

digunakan untuk memperbaiki dan mengemas kini simulasi ini agar lebih sesuai dengan keperluan pelajar dan guru. Dengan pendekatan yang menyeluruh dan komprehensif, aplikasi simulasi digital PhET boleh menjadi alat yang berharga dalam usaha meningkatkan kualiti pendidikan di seluruh dunia. Dalam konteks pendidikan di Malaysia, penerapan aplikasi simulasi digital PhET haruslah dilihat sebagai sebahagian daripada usaha yang lebih luas untuk mengintegrasikan teknologi dalam pendidikan. Ini selaras dengan inisiatif KPM untuk memperkasakan pendigitalan pendidikan.

Rujukan

- Adams, W. K., Paulson, A., & Wieman, C. E. (2008). What levels of guidance promote engaged exploration with interactive simulations? *Journal of College Science Teaching*, 37(6), 24-29.
- Astutik, S., & Prahani, B. K. (2018). The practicality and effectiveness of Collaborative Creativity Learning (CCL) model by using PhET simulation to increase students' scientific creativity. *International Journal of Instruction*, 11(4), 409–424.
- Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2021). Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of the literature. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), 023108. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.023108>
- Bello, A. (2022). *Introduction to Physics Education Technology (PHET) Simulation Software*. Social Science Research Network.
- Elangovan, T. & Zurida Ismail (2013). The effect of realistic simulation and non-realistic simulation on Biology students' achievement. *Scientific & Academic Publishing*, 3(4), 231-241.
- Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., & Reid, S. (2006). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 1(1), 010103.
- Finkelstein, N. D., Perkins, K. K., Adams, W. K., Kohl, P. B., & Podolefsky, N. S. (2005). *Can Computer Simulations Replace Real Equipment in Undergraduate Laboratories?* [Conference Proceedings]. AIP Conference Proceedings, 790(1), 101-104.
- Hasnieza Mokhtar & Mazidah Mat Rejab. (2023, November 8). *Peranti digital dalam pendidikan: Kecekapan dan produktiviti*. Berita RTM. <https://berita.rtm.gov.my/laporan-khas/kolumnis/senarai-berita-kolumnis/senarai-artikel/peranti-digital-dalam-pendidikan-kecekapan-dan-produktiviti>
- Ismalia, I., Kusumawati, M., & Wahyuni, P. (2022). Investigating the use of PhET simulation as a substitute for practical tools in understanding the concept of static electricity. *International Journal of Education and Teaching Zone*, 1(1), 20-25.
- Henderson, C., Beach, A., & Finkelstein, N. (2011). Facilitating change in undergraduate stem instructional practices: an analytic review of the literature. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(8), 952-984.
- Hestenes, D. (2010). *Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruction* [Conference Proceedings]. Proceedings of the 2010 International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering.
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2023). *Dasar Pendidikan Digital*.
- Moore, E. B., Chamberlain, J. M., & Parson, R. (2014a). Use of PhET interactive simulations in chemistry courses. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1191-1197.
- Moore, E. B., Herzog, T. A., & Perkins, K. K. (2014b). Interactive simulations as implicit support for guided-inquiry. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(3), 257-268.

- Page, M. (2024, March 16). *The importance of good communication in the workplace*. Michael Page. <https://www.michaelpage.com.my/advice/management-advice/leadership/importance-good-communication-workplace>
- Perkins, K. K., Adams, W. K., Dubson, M., Finkelstein, N. D., Reid, S., & Wieman, C. E. (2006). PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics. *The Physics Teacher*, 44(1), 18-23.
- PhET Simulations. (2018, July 17). *What is PhET?* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=OjZ6qvi21Qo>
- Rizaldi, D. R., Jufri, A. W., & Jamaluddin, J. (2020). PhET: simulasi interaktif dalam proses pembelajaran fisika. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(1), 10–14. <https://doi.org/10.29303/jipp.v5i1.103>
- S, I. (2024, April 18). What is micro teaching and what you should know about it? *Care Skills Training*. <https://careskillstraining.org/blog/what-is-micro-teaching/>
- Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A Critical Review of the Literature. *International Journal of Science Education*, 34(9), 1337-1370.
- Sumathi Ganesan. (2020). *The effectiveness of “PHET Interactive Simulation” in improving Multi-Mode Representations (MMRS) embeddedness and translation in learning chemical equilibrium among matriculation students* [PhD Dissertations]. Universiti Sains Malaysia.
- T. Maniarrasan Thanikasalam. (2019). *Kesan simulasi PHET terhadap pencapaian pelajar fizik tingkatan empat di sebuah sekolah menengah kebangsaan* [Thesis]. Universiti Pendidikan Sultan Idris.
- Wieman, C. E., Adams, W. K., & Perkins, K. K. (2010). PhET: simulations that enhance learning. *Science*, 322(5902), 682-683.
- Wilcox, B. R., & Lewandowski, H. J. (2016). A summary of research-based assessment of students' beliefs about experimental physics. *American Journal of Physics*, 84(6), 585-593.
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21(3), 317-331