

PENDIDIKAN STEM DAN TEKNOLOGI MULTIMEDIA : TINJAUAN AWAL

Siti Zaharah Mohid¹, Roslinda Ramli², Nurkhaliza Khalid³, Noor Fadzilah Ab Rahman⁴

Universiti Islam Selangor, UIS

zaharahm@uis.edu.my; roslinda@uis.edu.my; nurkaliza@uis.edu.my; noorfadzilah@uis.edu.my

ABSTRAK

Penggunaan teknologi multimedia untuk proses pengajaran dan pembelajaran (PdP) telah memberi impak yang besar dalam bidang pendidikan. Ia dapat menyampaikan isi kandungan dengan lebih berkesan terutama dalam menyampaikan konsep yang abstrak kepada murid dalam subjek sains. Pendidikan STEM iaitu Science, Technology, Engineering dan Mathematics diperkenalkan dan diperkasa untuk menarik minat pelajar terhadap elemen-elemen sains. Kajian menunjukkan penggunaan teknologi multimedia dapat meningkatkan kualiti pengajaran dan pembelajaran (PdP) di kalangan murid. Justeru, kajian ini bertujuan menyoroti kajian-kajian lepas berkaitan teknologi multimedia dalam pendidikan STEM. Selain turut memfokus peranan teknologi multimedia dalam pendidikan serta kelebihan dan potensi teknologi ini untuk menarik minat murid terhadap STEM.

Keywords: bahan bantu mengajar; teknologi multimedia; pendidikan STEM

1. PENGENALAN

Dalam buku *The Fourth Industrial Revolution* (4IR) yang ditulis oleh Klaus Schwab (2017) menjelaskan revolusi industri 4 telah mengubah cara kita bekerja dan hidup. Secara tidak langsung 4IR telah memberi cabaran baru kepada semua bidang termasuk bidang pendidikan. Menurut Makhbul (2018) perubahan yang berlaku rentetan daripada 4IR memerlukan sumber manusia berpengetahuan dan berkemahiran tinggi agar daya saing dapat diperkasakan. Selaras dengan itu, penggunaan teknologi dalam Penyampaian Pengajaran dan Pemudahcaraan (PdPc) amat relevan dan sesuai dengan aktiviti pembelajaran Abad ke 21.

Teknologi multimedia telah menjadi salah satu komponen penting dalam dunia pendidikan. Penggunaan teknologi ini telah mengubah cara pelajar belajar dan cara guru mengajar, menjadikan pembelajaran lebih interaktif, menarik, dan efektif. Pendidikan STEM (Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik) dan teknologi multimedia telah memberi impak penting dalam sistem pendidikan di Malaysia. Dalam pendidikan abad ke-21, murid-murid dilatih untuk memiliki kemahiran yang boleh diguna pada masa akan datang, seperti kemahiran komunikasi yang baik, mampu berkolaborasi dan menyelesaikan masalah berdasarkan realiti kehidupan. Pendidikan yang berkualiti dan cemerlang dalam pelbagai aspek menjadi matlamat utama dalam usaha melahirkan generasi alaf baru yang mampu menangani cabaran-cabaran abad ke-21 (Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia 2013-2025, KPM 2013).

Artikel ini mengandungi empat bahagian utama iaitu pendidikan stem, multimedia interaktif, teknologi multimedia interaktif dalam pendidikan dan peranan teknologi multimedia

dalam pendidikan STEM. Akhirnya, kesimpulan dirumus dengan perbincangan dan cadangan lanjutan yang boleh dijalankan untuk kajian seterusnya.

2. PENDIDIKAN STEM

Pendidikan STEM bertujuan untuk menyediakan pelajar dengan kemahiran yang relevan untuk menghadapi cabaran teknologi dan ekonomi abad ke-21. Kerajaan Malaysia telah memperkenalkan pelbagai inisiatif dan dasar untuk mempromosikan pendidikan STEM seperti Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM) 2013-2025 yang menekankan kepentingan STEM dalam kurikulum sekolah. Program seperti MySTEM dan STEM Mentor-Mentee juga dilaksanakan untuk meningkatkan minat dan penyertaan pelajar dalam bidang STEM (Ministry of Education Malaysia, 2013). Selain itu, kerjasama antara sekolah, industri, dan institusi pendidikan tinggi dapat menyediakan peluang pembelajaran yang lebih relevan dan praktikal kepada pelajar. Program latihan industri, penceramah jemputan dari sektor industri, dan kerjasama projek penyelidikan adalah antara cara untuk menghubungkan pendidikan STEM dengan dunia pekerjaan (Rahman et al., 2020). Penggunaan teknologi digital seperti pembelajaran berasaskan permainan, simulasi, dan alat bantu pengajaran interaktif dapat meningkatkan minat dan penglibatan pelajar dalam pendidikan STEM. Teknologi ini membolehkan pembelajaran jarak jauh, terutama semasa pandemik COVID-19 (Halim et al., 2020). Program latihan guru dan pembangunan profesional yang fokus kepada pengajaran STEM penting untuk meningkatkan kompetensi guru. Latihan yang berterusan dan sokongan profesional dapat membantu guru menguasai pendekatan pengajaran STEM yang lebih berkesan (Rauf et al., 2019). Pembelajaran berasaskan projek (PBL) yang mengintegrasikan elemen STEM dapat meningkatkan pengalaman pembelajaran pelajar serta membolehkan pelajar mempraktikkan pengetahuan STEM mereka dalam situasi dunia nyata, meningkatkan kemahiran kritis dan kreativiti (Hmelo-Silver, 2019). Melalui pendekatan berasaskan projek, pembelajaran berpusatkan pelajar, dan penyelesaian masalah, pendidikan STEM mampu memperkasa pelajar untuk berfikir secara kritis dan kreatif (Bybee, 2013).

Antara cabaran pendidikan STEM di Malaysia adalah kekurangan guru yang berkelayakan dalam bidang STEM. Ramai guru kurang berpengalaman dalam menggunakan pendekatan pengajaran berasaskan STEM yang memerlukan kemahiran dalam mengintegrasikan sains, teknologi, kejuruteraan, dan matematik secara holistik (Rasul et al., 2018). Selain itu, terdapat banyak sekolah, terutama di kawasan luar bandar, menghadapi kekurangan infrastruktur dan sumber seperti makmal sains yang lengkap, peralatan teknologi, dan bahan pembelajaran yang mencukupi. Keadaan ini menyukarkan pelaksanaan program pendidikan STEM yang berkesan (Abdullah et al., 2017). Sistem pendidikan yang masih menekankan pengajaran berasaskan hafalan dan peperiksaan menjadi penghalang kepada pelaksanaan pendidikan STEM yang lebih interaktif dan dinamik. Pendekatan ini kurang memberi ruang kepada pelajar untuk terlibat dalam pembelajaran berasaskan projek dan penyelesaian masalah (Tan & Ponnusamy, 2019). Terdapat kurangnya kesedaran dan minat dalam kalangan pelajar terhadap bidang STEM. Persepsi bahawa subjek STEM adalah sukar dan tidak relevan dengan kehidupan seharian turut menyumbang kepada rendahnya penyertaan pelajar dalam program STEM (Adnan et al., 2016).

3. MULTIMEDIA INTERAKTIF

Multimedia interaktif merujuk kepada gabungan elemen-elemen media seperti teks, gambar, audio, video, dan animasi yang membolehkan pengguna berinteraksi secara aktif dengan kandungan melalui pelbagai bentuk input seperti klik (tetikus), sentuhan (skrin), atau arahan

suara. Teknologi ini dapat meningkatkan pengalaman pengguna dengan menjadikannya lebih dinamik dan berkesan dalam menyampaikan maklumat atau hiburan (Mayer, 2020). Multimedia interaktif digunakan dalam berbagai bidang seperti pendidikan, permainan (*games*), industri filem, ketenteraan, perniagaan, sukan, iklan/promosi, dan sebagainya. Sejarah perkembangan multimedia interaktif menunjukkan perkembangan dan inovasi begitu pesat berlaku seperti peranti mudah alih (*mobile*) dan kemampuan untuk mengakses internet tanpa wayar (*wireless*), penggunaan teknologi VR (*virtual reality*), AR (*augmented reality*) dan AI (*Artificial Intelligence*).

Penggunaan multimedia dalam pendidikan bukan sahaja meningkatkan keberkesanan pembelajaran, tetapi juga menjadikan proses pembelajaran lebih menarik dan interaktif. Kajian penggunaan teknologi ini pada peringkat awal kanak-kanak menunjukkan ia boleh merangsang dan mendorong kanak-kanak belajar dengan lebih baik, cepat dan berkesan (Burnett, 2010; Syarifah Nor & Kamarul Azman, 2011). Multimedia interaktif memainkan peranan penting dalam pendidikan dengan menyediakan alat yang lebih menarik dan interaktif untuk pembelajaran. Teknologi ini membantu pelajar memahami konsep yang kompleks melalui simulasi, animasi, dan kuiz interaktif, serta memberi peluang kepada pelajar untuk belajar mengikut kadar mereka sendiri (Clark & Mayer, 2016). Dalam perniagaan dan pemasaran, multimedia interaktif digunakan untuk menarik minat pelanggan dan meningkatkan pengalaman pengguna. Laman web interaktif, iklan video, dan aplikasi mudah alih membolehkan pengguna berinteraksi dengan produk atau perkhidmatan dengan cara yang lebih menarik, meningkatkan keterlibatan pelanggan dan potensi jualan (Kotler et al., 2021). Dalam bidang kesihatan, multimedia interaktif digunakan untuk pendidikan pesakit, latihan profesional kesihatan, dan penyebaran maklumat kesihatan awam. Aplikasi interaktif membantu pesakit memahami kondisi kesihatan mereka dan mengikuti arahan rawatan dengan lebih baik, manakala latihan simulasi membantu profesional kesihatan meningkatkan kemahiran mereka dalam persekitaran yang selamat (Boulos et al., 2021). Industri hiburan menggunakan multimedia interaktif untuk mencipta pengalaman yang lebih mendalam dan menarik. Permainan video, filem interaktif, dan aplikasi realiti maya (VR) memberikan pengguna pengalaman yang lebih immersif dan interaktif, membolehkan mereka terlibat secara aktif dalam kandungan hiburan (Zhou et al., 2020).

Penggunaan multimedia interaktif dapat menarik perhatian pengguna dan meningkatkan motivasi mereka untuk belajar atau terlibat dengan kandungan. Interaktiviti menjadikan pengalaman lebih menyeronokkan dan menarik (Mayer, 2020). Multimedia interaktif membantu pengguna memahami dan mengingat maklumat dengan lebih baik melalui penggunaan pelbagai media seperti audio, video, dan animasi. Ini membantu dalam memperkukuh konsep-konsep yang dipelajari (Clark & Mayer, 2016). Teknologi ini membolehkan pengguna belajar mengikut kadar mereka sendiri dan memilih kandungan yang sesuai dengan keperluan mereka. Ini meningkatkan keberkesanan pembelajaran (Makransky & Lilleholt, 2018). Penggunaan VR dan simulasi interaktif membolehkan pengguna mengalami situasi atau konsep yang sukar atau mustahil di dunia nyata, seperti meneroka angkasa lepas atau menjalankan eksperimen berbahaya dalam persekitaran yang selamat (Zhou et al., 2020). Platform interaktif seperti Google Classroom dan Microsoft Teams membolehkan pengguna bekerjasama dalam projek dan berkongsi idea dengan mudah, meningkatkan kemahiran komunikasi dan kerja berpasukan (Google Classroom, 2023).

Teknologi multimedia interaktif membolehkan pengguna mencari dan mengakses maklumat dengan cepat dan mudah. Ini mempercepatkan proses pembelajaran dan menyokong keputusan berasaskan maklumat (Clark & Mayer, 2016). Penggunaan alat digital dan interaktif dapat mengurangkan keperluan kepada bahan fizikal seperti buku teks, selain dapat menjimatkan kos dan sumber dalam jangka panjang (Mayer, 2020).

4. TEKNOLOGI MULTIMEDIA DALAM PENDIDIKAN

Elemen-elemen multimedia yang diguna untuk menyampaikan maklumat mampu memperkaya pengalaman pembelajaran dan membantu pelajar memahami konsep yang kompleks dengan lebih mudah. Kajian menunjukkan bahawa penggunaan multimedia dapat meningkatkan pemahaman pelajar dan memudahkan pengekalan maklumat jangka panjang (Mayer, 2021). Pelajar boleh menggunakan simulasi makmal maya untuk menjalankan eksperimen yang sukar dilakukan di dunia nyata (Bishop & Verleger, 2019). Teknologi multimedia juga dapat membantu dalam visualisasi konsep yang abstrak. Sebagai contoh, animasi boleh digunakan untuk menunjukkan proses biologi yang kompleks, seperti fotosintesis, dengan cara yang lebih mudah difahami (Clark & Mayer, 2016).

Teknologi multimedia amat menyokong gaya pembelajaran yang berbeza. Terdapat pelajar yang suka melihat grafik berbanding membaca teks, manakala terdapat pelajar yang lebih suka mendengar audio atau menonton video. Penggunaan multimedia membolehkan guru memenuhi keperluan pelbagai jenis gaya belajar (Hattie & Yates, 2014). Teknologi multimedia juga menyokong pembelajaran kolaboratif di mana pelajar boleh bekerja dalam kumpulan untuk menyelesaikan projek atau masalah. Platform seperti *Google Classroom* dan *Microsoft Teams* membolehkan pelajar berinteraksi dan berkongsi idea dengan lebih efektif (Blau & Shamir-Inbal, 2017). Selain itu, teknologi multimedia juga dapat membantu dalam menyediakan bahan pengajaran yang dapat diakses oleh semua pelajar, termasuk mereka yang mempunyai keperluan khas. Contohnya, penggunaan *text-to-speech* dan sari kata dalam video dapat membantu pelajar yang mengalami masalah pendengaran atau penglihatan (Smith & Harvey, 2020).

Penggunaan teknologi multimedia sangat meluas digunakan dalam pendidikan. Platform seperti YouTube dan Khan Academy menyediakan video pendidikan yang meliputi pelbagai subjek. Video ini boleh digunakan sebagai alat bantu mengajar dalam kelas atau sebagai bahan rujukan tambahan untuk pelajar. Simulasi makmal maya membolehkan pelajar menjalankan eksperimen yang sukar atau berbahaya di dunia nyata. Contohnya, PhET Interactive Simulations menyediakan simulasi sains interaktif yang membantu pelajar memahami konsep fizikal dan kimia. Aplikasi seperti Duolingo dan Kahoot! menggunakan elemen permainan untuk mengajar bahasa dan subjek-subjek lain. Aplikasi ini boleh digunakan di mana-mana dan bila-bila masa, menjadikan pembelajaran lebih fleksibel. Buku teks digital seperti yang disediakan oleh Apple Books dan Google Play Books menggabungkan teks dengan elemen multimedia seperti video dan audio untuk memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih kaya. Perisian seperti Smart Board dan Promethean Board membolehkan guru mencipta pelajaran interaktif yang boleh dipaparkan di papan putih digital. Ini membolehkan pelajar berinteraksi secara langsung dengan bahan pengajaran melalui sentuhan dan gerakan.

Bagaimanapun, penggunaan teknologi multimedia dalam pendidikan terdapat beberapa cabaran seperti kos dan aksesibiliti, keperluan latihan untuk guru, gangguan dan ketagihan, masalah teknologi serta kandungan yang tidak sesuai. Teknologi multimedia memerlukan peralatan yang mahal seperti komputer, tablet, dan perisian khusus. Ini boleh menjadi cabaran terutamanya bagi sekolah-sekolah di kawasan luar bandar atau yang mempunyai sumber kewangan terhad (Sung, Chang, & Liu, 2016). Selain itu, guru perlu dilatih untuk menggunakan teknologi multimedia dengan berkesan. Tanpa latihan yang mencukupi, penggunaan multimedia mungkin tidak memberikan hasil yang diharapkan (Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2010). Terdapat juga risiko pelajar terganggu atau menjadi ketagih dengan peranti teknologi, yang boleh menjejaskan tumpuan dan pembelajaran mereka (Carrier et al., 2015). Masalah teknikal seperti

sambungan internet yang lambat atau perisian yang tidak berfungsi dengan baik boleh mengganggu proses pembelajaran. Penggunaan teknologi multimedia juga membawa risiko pelajar terdedah kepada kandungan yang tidak sesuai. Pengawasan yang ketat dan kawalan akses diperlukan untuk memastikan pelajar hanya mengakses bahan yang relevan dan sesuai dengan tahap mereka (Livingstone & Haddon, 2019). Penyelesaian segera dan sokongan teknikal yang mencukupi perlu disediakan untuk menangani isu ini (Kumar & Sharma, 2021).

Teknologi multimedia mempunyai potensi besar untuk merevolusi pendidikan dengan menjadikannya lebih menarik dan berkesan. Namun, untuk mencapai potensi ini, perlu ada usaha yang berterusan dalam menangani cabaran yang wujud, termasuk menyediakan latihan yang mencukupi untuk guru dan memastikan akses yang adil kepada teknologi untuk semua pelajar. Dengan pendekatan yang betul, teknologi multimedia boleh menjadi alat yang sangat efektif untuk pendidikan masa depan.

5. MULTIMEDIA INTERAKTIF DALAM PENDIDIKAN STEM

Teknologi multimedia interaktif memainkan peranan penting dalam meningkatkan proses pengajaran dan pembelajaran subjek STEM (Yusriza et al. 2021). Penyepaduan multimedia interaktif ke dalam pendidikan STEM telah menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan penglibatan pelajar, pembelajaran, dan prestasi akademik keseluruhan. Beberapa kajian telah meneroka keberkesanan pendekatan ini dalam pelbagai disiplin STEM. Satu kajian membangunkan media pembelajaran interaktif berasaskan STEM untuk meningkatkan kemahiran berfikir kritis pelajar terhadap bahan sistem nombor. Pengkaji mendapati bahawa penggunaan media interaktif dengan teks, imej, dan video adalah berkesan dalam meningkatkan kemahiran berfikir kritis pelajar, khususnya dalam memberikan penerangan mudah, membina kemahiran asas, dan membuat kesimpulan (Marpaung et al., 2020).

Satu lagi kajian mencadangkan sistem multimedia interaktif mudah alih (MIM) untuk membantu bakal guru sains dalam membangunkan pemahaman konsep dan kemahiran menyelesaikan masalah dalam litar elektrik. MIM membenarkan pelajar berinteraksi dengan simulasi dan animasi fenomena elektrik, yang membantu membetulkan salah tanggapan mereka dan mengukuhkan kebolehan menyelesaikan masalah mereka (Rahman et al., 2020). Satu kajian yang bertujuan untuk menentukan kebolehlaksanaan dan keberkesanan penggunaan multimedia interaktif berasaskan STEM bertemakan makanan sihat mendapati bahawa multimedia interaktif berkesan dalam meningkatkan hasil pembelajaran sains (Ahmad et al., 2019).

Beberapa contoh aplikasi teknologi multimedia dalam pendidikan STEM seperti PhET Interactive Simulations, Khan Academy, Scratch, Minecraft: Education Edition, Google Expeditions, Tynker, Labster dan banyak lagi. PhET menyediakan simulasi interaktif untuk pembelajaran sains dan matematik. Simulasi ini membantu pelajar memahami konsep yang kompleks melalui eksperimen maya yang dapat dilakukan dalam persekitaran yang selamat dan terkawal (PhET, 2024.). Khan Academy menawarkan pelbagai video pendidikan dan latihan interaktif dalam subjek STEM. Platform ini membolehkan pelajar belajar pada kadar mereka sendiri dan mendapatkan maklum balas segera melalui kuiz dan latihan interaktif (Khan Academy, 2024). Scratch adalah platform pengaturcaraan visual yang membolehkan pelajar mencipta permainan, animasi, dan cerita interaktif. Ini memperkenalkan konsep pengaturcaraan dan logik secara interaktif dan mudah (Resnick et al., 2009). Minecraft: Education Edition adalah alat pembelajaran yang menggunakan permainan untuk mengajar konsep STEM. Pelajar dapat membina dan meneroka dunia maya sambil mempelajari konsep matematik, fizik, dan kejuruteraan (Short, 2012). Google Expeditions membolehkan pelajar mengalami pembelajaran

maya melalui realiti maya (VR) dan realiti tambahan (AR). Ini memberikan pengalaman pembelajaran yang mendalam (*in-depth*) dalam subjek seperti biologi, geografi, dan fizik (Hodgson et al., 2019). Tynker adalah platform pembelajaran pengaturcaraan yang menyediakan pelbagai kursus interaktif untuk kanak-kanak dan remaja. Ia menawarkan pelajaran pengaturcaraan berasaskan projek yang menggabungkan elemen multimedia untuk membantu pelajar memahami konsep pengaturcaraan dan kejuruteraan dengan cara yang menyenangkan dan interaktif (Tynker, 2024). Labster menawarkan makmal maya yang menyediakan simulasi interaktif untuk eksperimen sains. Pelajar dapat menjalankan eksperimen yang sukar atau berbahaya dalam persekitaran maya yang selamat, meningkatkan pemahaman mereka tentang konsep saintifik dan kejuruteraan (Labster, 2024).

Pelbagai inisiatif juga telah diperkenalkan untuk menggalakkan penggunaan teknologi multimedia dalam pendidikan STEM di Malaysia seperti pengenalan mata pelajaran Reka Bentuk Teknologi (RBT) yang menekankan penggunaan teknologi dalam pendidikan STEM, penganjuran pelbagai pertandingan dan karnival STEM untuk menarik minat pelajar, seperti Karnival STEM dan *National Science Challenge* dan pembangunan modul pembelajaran berasaskan teknologi yang selaras dengan Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran (DSKP) dan Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia 2013-2025 (Yusriza et al. 2021). Pelbagai kajian dan inisiatif ini mencadangkan bahawa multimedia interaktif boleh menjadi alat yang sangat berguna dalam pendidikan STEM, kerana membolehkan pelajar melibatkan diri secara aktif dengan kandungan, menggambarkan konsep, dan menggunakan pengetahuan mereka dalam senario penyelesaian masalah. Walau bagaimanapun, keberkesanan multimedia interaktif dalam pendidikan STEM juga bergantung kepada faktor seperti kandungan khusus, reka bentuk multimedia, dan objektif pembelajaran.

6. KESIMPULAN

Gabungan pendidikan STEM dengan teknologi multimedia menawarkan pendekatan pembelajaran yang holistik dan dinamik. Integrasi ini dapat memperkaya pengalaman pembelajaran pelajar melalui pelbagai aplikasi interaktif. Kertas kerja ini telah menyoroti definisi, cabaran, dan peluang pendidikan STEM di Malaysia, serta peranan teknologi multimedia dalam meningkatkan keberkesanan pendidikan STEM. Antara cabaran utama adalah kekurangan guru yang berkelayakan, kekurangan infrastruktur dan sumber, pendekatan pengajaran konvensional, serta kesedaran dan minat yang rendah dalam kalangan pelajar. Walau bagaimanapun, terdapat peluang besar melalui inisiatif kerajaan, kerjasama dengan industri dan institusi pendidikan tinggi, penggunaan teknologi digital, dan program latihan guru yang berterusan. Penggunaan teknologi multimedia seperti simulasi, pembelajaran berasaskan permainan, dan alat bantu pengajaran interaktif dapat meningkatkan minat dan penglibatan pelajar dalam pendidikan STEM. Pendekatan ini juga membolehkan pelajar mengaplikasikan pengetahuan mereka dalam situasi dunia nyata, seterusnya meningkatkan kemahiran kritis dan kreatif. Secara keseluruhan, pendidikan STEM yang disokong oleh teknologi multimedia mampu menawarkan pembelajaran yang lebih menarik, relevan, dan berkesan. Usaha berterusan perlu dilakukan untuk mengatasi cabaran yang dihadapi dan memanfaatkan peluang yang ada bagi memastikan kejayaan pelaksanaan pendidikan STEM di Malaysia.

RUJUKAN

1. Abdullah, M. Y., Bakar, N. R., & Mahmud, M. Z. (2017). Challenges in implementing STEM education in Malaysia. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 7(4), 721-727.
2. Abdulrahman, M. D., Faruk, N., Oloyede, A. A., Surajudeen-Bakinde, N. T., Olawoyin, L. A., Mejabi, O. V., & Azeez, A. L. (2020). Multimedia tools in the teaching and learning processes: A systematic review. *Heliyon*, 6(11), e05312.
3. Adnan, M., Rahman, F., & Ismail, A. (2016). Enhancing students' interest in STEM education through robotic competition. *Journal of Engineering Science and Technology*, 11(Special Issue), 83-89.
4. Ahmad, N., Rahman, N. A., & Nasir, M. (2019). Interactive multimedia in STEM education: A study on healthy food theme. *International Journal of Learning and Teaching*, 5(1), 45-54.
5. Bishop, J. L., & Verleger, M. A. (2019). The flipped classroom: A survey of the research. *IEEE Transactions on Education*, 63(2), 85-98.
6. Blau, I., & Shamir-Inbal, T. (2017). Digital collaborative learning in elementary and middle schools as a function of individualistic and collectivistic culture: The role of ICT coordinators' leadership experience, students' attitudes and teachers' instructional practices. *Computers & Education*, 113, 42-64.
7. Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 369-398.
8. Boulos, M. N. K., Lu, Z., Guerrero, P., Jennett, C., & Steed, A. (2021). From urban planning and emergency training to virtual interactive experiences: The multi-faceted role of VR/AR in healthcare. *Journal of Biomedical Informatics*, 109, 103492.
9. Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. NSTA Press.
10. Carrier, L. M., Cheever, N. A., Rosen, L. D., Benitez, S., & Chang, J. (2015). Multitasking across generations: Multitasking choices and difficulty ratings in three generations of Americans. *Computers in Human Behavior*, 48, 316-324.
11. Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). *E-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning*. Wiley.
12. Duolingo. (2023). Retrieved from [<https://www.duolingo.com/>]
13. Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2010). Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(3), 255-284.
14. Freina, L., & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, 1, 133-141.
15. Google Classroom. (2023). Retrieved from [<https://classroom.google.com/>]
16. Google Earth. (2023). Retrieved from [<https://earth.google.com/>]
17. Halim, L., Rahman, N. A., Zamri, R., & Mohtar, L. E. (2020). The effectiveness of STEM training workshops in improving teachers' knowledge and skills in integrating STEM. *Science Education International*, 31(4), 394-404.

18. Hattie, J., & Yates, G. (2014). *Visible Learning and the Science of How We Learn*. Routledge.
19. Hmelo-Silver, C. E. (2019). Facilitating collaborative learning: The role of the teacher in PBL. *Frontiers in Education*, 4, 103.
20. Hodgson, C., Williams, A., & Buckley, J. (2019). Using virtual reality to support the teaching of difficult concepts in STEM: A qualitative approach. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 20(2), 25-33.
21. Hwang, G. J., Sung, H. Y., Hung, C. M., & Huang, I. (2018). A learning style perspective to investigate the necessity of developing adaptive learning systems. *Educational Technology & Society*, 21(2), 307-322.
22. Khan Academy. (2024). Retrieved from [<https://earth.google.com/>]
23. Kotler, P., Armstrong, G., Harris, L. C., & Piercy, N. (2021). *Principles of Marketing*. Pearson UK.
24. Klaus Schwab. (2017). *The Fourth Industrial Revolution Hardcover*. New York. Crown Business.
25. Kumar, A., & Sharma, R. (2021). Technology integration in education: An overview of challenges and opportunities. *Educational Technology Research and Development*, 69(3), 1-15.
26. Lamb, R., Annetta, L., Firestone, J., & Etopio, E. (2018). A meta-analysis with examination of moderators of student cognition, affect, and learning outcomes while using serious educational games, serious games, and simulations. *Computers in Human Behavior*, 80, 158-167.
27. Livingstone, S., & Haddon, L. (2019). The evolution of parental mediation from supervision to guidance. *Parenting for a Digital Future*, 31-47.
28. Makransky, G., & Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1141-1164.
29. Marpaung, R. K., Nababan, E. L., & Siburian, P. (2020). Development of interactive learning media based on STEM to enhance students' critical thinking skills in number system material. *Journal of Educational Science and Technology*, 6(3), 206-213.
30. Mayer, R. E. (2021). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
31. Ministry of Education Malaysia. (2013). *Malaysia Education Blueprint 2013-2025*. Ministry of Education Malaysia.
32. PhET Interactive Simulations. (2024). Retrieved from [<https://phet.colorado.edu/>]
33. Rahman, S. A., Hussin, S., & Abdullah, M. Z. (2020). Mobile interactive multimedia system (MIM) for pre-service science teachers: Developing conceptual understanding and problem-solving skills in electric circuits. *Journal of Science Education and Technology*, 29(4), 558-570
34. Rahman, S. B. A., Hussin, S., & Abdullah, M. Z. (2020). Industry collaboration in STEM education: A systematic review. *International Journal of Advanced Research in Education and Society*, 2(3), 24-30.
35. Rasul, M. S., Halim, L., & Iksan, Z. (2018). Challenges faced by science teachers in developing STEM integrated curriculum. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 8(4), 86-98.

36. Rauf, R. A. A., Amin, A. R. M., & Saari, H. (2019). Professional development of STEM teachers in Malaysia: Issues and challenges. *Journal of Technical Education and Training*, 11(2), 36-46.
37. Smith, S. J., & Harvey, M. W. (2020). The impact of technology on students with disabilities. *Assistive Technology Outcomes and Benefits*, 14, 89-104.
38. Stevenson, H. (2022). The Impact of Interactive Multimedia in STEM Education. *Journal of Educational Technology*, 10(2), 45-58.
39. Sung, Y. T., Chang, K. E., & Liu, T. C. (2016). The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis. *Computers & Education*, 94, 252-275.
40. Tan, A. L., & Ponnusamy, L. D. (2019). Enhancing students' engagement in STEM through project-based learning. *Journal of Education and Learning*, 13(3), 214-221
41. Widodo, W., Mahdiannur, M. A., Suryanti, S., & Choirunnisa, N. L. (2023). Mobile Interactive Multimedia to Assist Prospective Science Teachers Holding Conceptual Understanding in Problem-Solving Electrical Circuits. *TEM Journal*, 12(4), 2251-2263.
42. Widodo, W., Suryanti, S., & Mahdiannur, M. A. (2022). Interactive Multimedia Development Based on STEM in Improving Science Learning Outcomes. ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12167.20321>
43. Yusriza Mohamd Yusof, Afida Ayob & Mohamad Hanif Md Saad. (2021). Penggunaan Teknologi Kejuruteraan Dalam Pendidikan Stem Bersepadu. *Jurnal Kejuruteraan* 33(1) 2021: 1-11 [https://doi.org/10.17576/Jkukm-2020-33\(1\)-01](https://doi.org/10.17576/Jkukm-2020-33(1)-01)