

KAJIAN LITERATUR SECARA KOMPREHENSIF: PENGGUNAAN E-MODUL BERASASKAN KECERDASAN BUATAN DALAM SUBJEK SAINS DAN IMPLIKASINYA TERHADAP PENGAJARAN DAN PEMBELAJARAN

Comprehensive Literature Review: Use of E-Modules Based on Artificial Intelligence in Science Subjects and its Implications on Teaching and Learning

Ahmad Shukur Arifen¹, Suriani Abu Bakar^{1*}, Wong Kung Teck², Noorul Aliya¹, Adli Mohamad¹, Azzam Abu Bakar¹, Mohamad Hafiz Mamat³, Mohd Khairul Ahmad⁴

¹Jabatan Fizik, Fakulti Sains dan Matematik, Universiti Pendidikan Sultan Idris, 35900 Tanjung Malim, Perak, Malaysia

²Fakulti Pembangunan Manusia, Universiti Pendidikan Sultan Idris, 35900 Tanjung Malim, Perak, Malaysia

³NANO-Electronic Centre (NET), Sekolah Kejuruteraan Elektrik, Kolej Kejuruteraan, Universiti Teknologi MARA, 81310 Skudai, Johor, Malaysia

⁴Microelectronic and Nanotechnology-Shamsuddin Research Centre (Mint-SRC), Fakulti Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, 86400 Parit Raja, Batu Pahat, Johor, Malaysia

*Corresponding author: suriani@fsmt.upsi.edu.my

Published: 25 Oktober 2024

To cite this article (APA): Ahmad Arifen, S., Suriani, A. B., Wong, K. T., Aliya, N., Adli, M., Azzam, A. B., Mamat, M. H., & Ahmad, M. K. (2024). Comprehensive Literature Review: Use of E-Modules Based on Artificial Intelligence in Science Subjects and its Implications on Teaching and Learning. *Jurnal Pendidikan Bitara UPSI*, 17(2), 77–90. <https://doi.org/10.37134/bitara.vol17.2.7.2024>

To link to this article: <https://doi.org/10.37134/bitara.vol17.2.7.2024>

ABSTRAK

Berdasarkan Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI), trend pelajar yang mengambil subjek Matematik Tambahan dan Sains Tulen iaitu Fizik, Kimia dan Biologi adalah menurun di mana calon yang mengambil Sijil Pelajaran Malaysia (SPM) 2023 telah merekodkan penurunan sebanyak 3.33% bagi subjek Matematik Tambahan, Fizik (1.42%), Kimia (1.42%) dan Biologi (2.2%). Namun, keputusan SPM 2023 bagi kesemua subjek ini menunjukkan peningkatan berbanding tahun sebelumnya. Kajian lepas mendapati penggunaan teknologi digital seperti e-modul dilihat sangat membantu dalam meningkatkan prestasi murid semasa sesi Pengajaran dan Pembelajaran (PdP). Tambahan pula, penggunaan pelbagai teknologi semasa sesi PdP telah berkembang sejak penularan COVID-19 kepada PdP yang lebih fleksibel, mudah diakses, serta menarik minat pelajar terhadap Sains apabila pelajar dapat berinteraksi secara langsung dengan bahan PdP daripada sumber global. Perkembangan ini telah mewujudkan pelbagai medium dan aplikasi pengajaran digital seperti penggunaan Kecerdasan Buatan (KB) yang mampu melakukan tugas dan fungsi mirip pemikiran manusia untuk mewujudkan PdP yang sistematik. Misalnya, penggunaan *ChatGPT* membantu guru menyediakan Rancangan Pengajaran Harian (RPH) dengan efisien. Peningkatan penggunaan KB juga telah menarik minat syarikat besar seperti *Google* untuk melabur sebanyak RM9.4 bilion di Malaysia sebagai usaha meningkatkan program literasi KB untuk manfaat guru dan pelajar. Jadi, kajian ini dijalankan untuk mengenal pasti penggunaan dan impak e-modul berasaskan KB bagi mata pelajaran Sains. Seterusnya, dengan menjalankan analisis tinjauan sistematik terhadap 30 artikel jurnal dan buku berkaitan penggunaan KB dalam PdP yang diterbitkan antara tahun 2015 hingga 2024, gambaran keseluruhan tentang perkembangan pendidikan digital berasaskan KB semasa PdP dapat dilihat. Hasil daripada kajian lepas mendapati peningkatan yang positif terhadap penggunaan KB dalam PdP mampu meningkatkan kefahaman, motivasi, penglibatan dan merangsang pemikiran kritis pelajar. Kesimpulannya, dapatan daripada tinjauan literatur menunjukkan bahawa pengaplikasian KB dalam PdP membantu pelajar meningkatkan pencapaian mereka dalam Sains. Ini kerana penggunaan KB dapat memperibadikan pembelajaran,

menyediakan bimbingan automatik dan mencipta kandungan pendidikan interaktif, yang secara langsung meningkatkan minat dan pemahaman pelajar. Bertepatan dengan hala tuju negara untuk memperkasakan pendidikan STEM yang dinamik serta merealisasikan impian untuk melahirkan generasi berpengetahuan tinggi dan berfikiran kritikal bagi mendepani era ekonomi digital.

Kata kunci: e-modul, pembelajaran berasaskan digital, kecerdasan buatan, mata pelajaran Sains, PdP

ABSTRACT

According to the Ministry of Science, Technology, and Innovation (MOSTI), the trend of students taking Additional Mathematics and Pure Sciences, Physics, Chemistry, and Biology, is declining, with candidates taking the Malaysian Certificate of Education (SPM) in 2023 recording a decrease of 3.33% for Additional Mathematics, Physics (1.42%), Chemistry (1.42%), and Biology (2.2%). However, the results of SPM 2023 for all these subjects have increased compared to the previous year. Previous studies have shown that the use of digital technology like e-modul is seen as very helpful in improving student performance during Teaching and Learning sessions (TnL). Furthermore, the use of various technologies during TnL sessions has grown since the spread of COVID-19 making TnL sessions more flexible, easy to access and attracts students' interest in Science when they can interact directly with materials from global sources. This development has created a variety of digital teaching mediums and applications such as the use of Artificial Intelligence (AI) that is capable of performing tasks and functions similar to human thinking to create a systematic TnL sessions. For example, the use of ChatGPT helps teachers efficiently prepare Daily Lesson Plans (DLP). The increased use of AI has also attracted the interest of major company like Google, which invested RM9.4 billion in Malaysia as an effort to enhance AI literacy programs for the benefit of teachers and students. Hence, this study is being conducted to identify the usage and impact of AI-based e-modules for Science subjects. Next, by conducting a systematic review analysis of 30 journal articles and books related to the use of AI in TnL sessions published between 2017 and 2024, an overview of the development of AI-based digital education in TnL sessions can be seen. The results of past studies found a positive increase where the use of AI in TnL sessions enhances understanding, motivation, student engagement and stimulates critical thinking among students. In conclusion, the findings from the literature review show that the application of AI in TnL helps students improve their achievement in Science. This is because the use of AI can personalize learning, provide automatic guidance and create interactive educational content, which directly increases students' interest and understanding. In line with the nation's commitment to enhancing dynamic STEM education, the realization of cultivating a highly knowledgeable and critical-thinking generation to confront the digital economy era will be achieved.

Keywords: e-module, digital based learning, artificial intelligence, science subject, TnL

PENGENALAN

Kemajuan yang pelbagai dalam bidang teknologi hari ini sangat memberangsangkan dan telah mempengaruhi hampir setiap aspek kehidupan termasuklah dalam bidang pendidikan. Lebih-lebih lagi, dunia kini sedang bergerak ke arah pengaplikasian *Internet of Things* (IoT) atau di dalam Bahasa Melayu dikenali sebagai Internet Pelbagai Benda (IPB) yang menjadi pemangkin dalam bidang pendidikan untuk meningkatkan minat dalam penyepaduan pengaplikasian kecerdasan buatan (KB) semasa sesi pengajaran dan pembelajaran (PdP). Kepentingan KB telah berkembang dengan sangat pesat dan ketara terutamanya sejak penutupan institut pendidikan seperti sekolah, kolej, maktab dan universiti akibat daripada pandemik *Covid-19* (Darayseh, 2023). Ianya juga selaras dengan Dasar Pendidikan Digital (DPD) yang mahu melahirkan generasi yang fasih dan berdaya saing dari segi digital. Jadi, peningkatan pengetahuan, kemahiran dan nilai pelajar, pendidikan dan pemimpin pendidikan perlu bersama-sama dalam penyediaan infrastruktur digital yang berkualiti dan strategik secara bersepadu dan menyeluruh bermula dari prasekolah hingga ke peringkat pengajian tinggi. Berdasarkan penyelidikan terkini dalam bidang pembelajaran berasaskan KB, apabila lebih banyak ruang tersedia untuk pembelajaran menggunakan aplikasi moden dan terkini, maka lebih banyak peluang untuk menambah baik sistem pendidikan dan sentiasa mengikuti perkembangan semasa. Justeru itu, pengaplikasian KB memainkan pelbagai peranan penting dalam proses pengajaran dan

pembelajaran kerana ianya juga memainkan peranan yang penting pada masa kini dan masa depan pelajar (Mahmoud, 2020).

Keputusan Peperiksaan Sijil Pelajaran Malaysia (SPM) pada tahun 2023 menunjukkan peningkatan bagi mata pelajaran Matematik Tambahan dan Sains Tulen seperti Fizik, Kimia dan Biologi. Peningkatan pencapaian bagi semua mata pelajaran STEM ini di peringkat SPM mampu mencorakkan pola pendidikan yang lebih baik pada peringkat yang lebih tinggi. Namun begitu, tahun demi tahun, bilangan pelajar yang berminat untuk mengambil aliran Sains semakin berkurang. Menurut Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI), calon yang mengambil Sijil Pelajaran Malaysia pada tahun 2023 bagi mata pelajaran Matematik Tambahan dan Sains tulen seperti Fizik, Kimia dan Biologi adalah menurun. Penurunan yang direkodkan adalah sebanyak 3.33% bagi subjek Matematik Tambahan dan masing-masing 1.42% bagi subjek Fizik dan Kimia serta 2.2% untuk Biologi. Tambahan pula, melalui pemeraksanaan pendidikan STEM yang dinamik akan merealisasikan impian dalam melahirkan masyarakat Malaysia yang berpengetahuan tinggi dan mampu berfikir secara kritis bagi mendepani era ekonomi digital. Ianya juga selari dengan strategi memartabatkan pendidikan STEM di bawah Teras 4 Dasar Sains, Teknologi dan Inovasi Negara (DSTIN) 2021-2030 yang bersedia menghadapi cabaran masa hadapan berpacuan inovasi. Justeru itu, pendigitalan dalam bidang pendidikan bukan sahaja penting malah mampu membawa perubahan yang besar dalam melahirkan generasi yang berfikir kritis, kreatif dan inovatif.

Kemunculan pelbagai teknologi yang canggih telah mengubah landskap pendidikan. Peralihan kepada pembelajaran digital yang berkembang dengan pesat pada hari ini dapat mewujudkan sistem pendidikan yang lebih dinamik. Pengaplikasian teknologi digital yang semakin meluas memberi laluan kepada persekitaran pembelajaran yang lebih fleksibel, mudah diakses serta meningkatkan minat dan motivasi pelajar terhadap mata pelajaran Sains. Teknologi digital dalam bidang pendidikan mencakupi pelbagai bentuk media elektronik, alatan digital dan platform untuk memastikan pelajar dapat berinteraksi secara langsung dengan kandungan pembelajaran dari sumber yang pelbagai tanpa batasan. Kemajuan ini telah mewujudkan pelbagai medium pengajaran digital dan aplikasi atas talian seperti penggunaan teknologi KB yang berfungsi dan boleh melakukan tugas yang memerlukan kecerdasan manusia seperti penaakulan, pembelajaran, membuat keputusan dan penyelesaian masalah. Terkini, wujudnya KB generatif seperti *ChatGPT* yang dapat membantu guru dan pelajar menyelesaikan masalah dengan menggunakan pemikiran logik dalam berinteraksi dan hanya menggunakan bahasa perbualan. Oleh itu, KB merupakan elemen yang penting dan perlu diketengahkan bagi melahirkan pelajar fasih digital dan seterusnya menempatkan Malaysia setaraf dengan dunia dalam mendepani cabaran Revolusi Industri ke-5 atau 5IR. Tambahan pula, penggunaan KB dapat meningkatkan hasil pembelajaran dengan melihat kesesuaian pembelajaran berdasarkan tahap dan kemampuan pelajar. Selain itu, penggunaan kecerdasan buatan juga dapat memperibadikan pembelajaran, menyediakan bimbingan automatik dan mencipta kandungan pendidikan yang interaktif, secara langsung dapat menyediakan pengalaman pembelajaran yang sesuai dan meningkatkan minat serta pemahaman pelajar. Bertepatan dengan hala tuju negara untuk memperkasakan pendidikan STEM bagi melahirkan generasi berpengetahuan tinggi dan berfikir kritikal dalam mendepani era ekonomi digital.

TUJUAN KAJIAN

Tujuan kajian ini adalah untuk menilai keberkesanan sesi PdP melalui penggunaan e-modul berasaskan kecerdasan buatan dalam pembelajaran Sains seterusnya untuk meneliti implikasi penggunaan e-modul berasaskan kecerdasan buatan semasa proses PdP bagi mata pelajaran Sains berlangsung. Berdasarkan tinjauan literatur ini, analisis secara komprehensif dilakukan untuk menilai kesan menggunakan pendekatan e-modul berasaskan kecerdasan buatan dalam menambah baik pemahaman konsep pelajar tetapi juga meningkatkan motivasi, penglibatan dan kemahiran berfikir secara kritis pelajar. Hasil daripada analisis yang dijalankan telah memberikan pandangan secara holistik dan menunjukkan potensi yang positif terhadap penggunaan e-modul berasaskan kecerdasan buatan bagi mata pelajaran Sains. Oleh itu, diharapkan kajian ini dapat memberikan panduan yang jelas dan praktikal untuk pengintegrasian e-modul berasaskan kecerdasan buatan dalam pembelajaran Sains dengan lebih efektif

OBJEKTIF KAJIAN

Objektif utama dalam melaksanakan kajian ini adalah untuk menyelidik dan melihat trend penggunaan e-modul dalam mata pelajaran Sains sepanjang sesi PdP di pelbagai peringkat pengajian terutamanya di sekolah menengah. Selain itu, kajian ini juga bertujuan untuk menilai keberkesanan penggunaan e-modul berasaskan kecerdasan buatan dalam mata pelajaran Sains seperti Fizik, Kimia, dan Biologi, khususnya dalam meningkatkan pemahaman konsep, motivasi, penglibatan semasa PdP, serta merangsang pemikiran kritis pelajar.

METODOLOGI KAJIAN

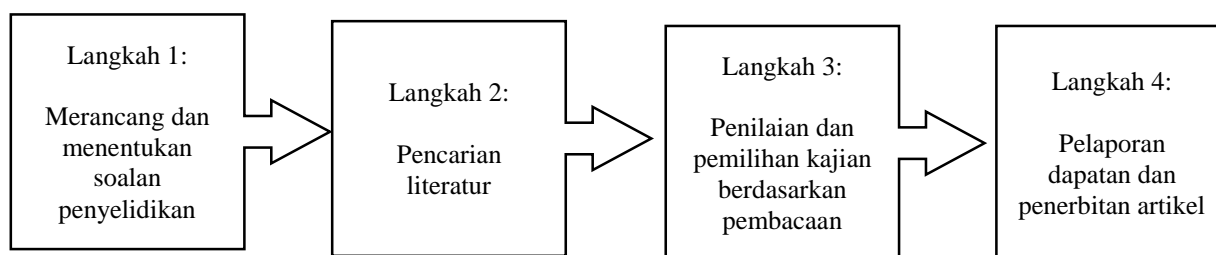
Penulisan kajian literatur ini bertujuan untuk menilai keberkesanan dan kegunaan pembelajaran berasaskan e-modul bagi mata pelajaran Sains elektif yang melibatkan mata pelajaran Fizik, Kimia dan Biologi. Oleh yang demikian, penulisan literatur telah dikumpulkan terlebih dahulu dan dipilih daripada pelbagai sumber secara maya dan fizikal termasuklah buku dan artikel jurnal. Untuk itu, carian dilakukan di laman sesawang seperti Google Scholar, ProQuest, Scopus, ERIC serta jurnal akses terbuka dengan tema carian pembelajaran berasaskan e-modul, kecerdasan buatan, STEM dan mata pelajaran Sains. Sebahagian besar sumber yang digunakan dalam kajian ini diterbitkan antara tahun 2015 sehingga tahun 2023. Kajian-kajian ini dianalisis menggunakan kaedah tinjauan sistematik yang telah diadaptasi oleh Basu (2017) dan Jamal et al. (2019).

Terdapat empat langkah bagi kaedah tinjauan sistematik, yang pertama ialah merancang dan menentukan soalan penyelidikan. Kerangka kerja PICO (Populasi, Intervensi, Perbandingan dan hasil) digunakan untuk memastikan soalan-soalan penyelidikan dapat dijawab dengan jelas dan tepat. Dalam kerangka kerja PICO, populasi merujuk kepada kumpulan yang menjadi fokus kajian yang dapat dijelaskan berdasarkan ciri-ciri seperti demografi, jantina dan umur. Seterusnya, intervensi merujuk kepada tindakan atau rawatan yang diambil untuk mengatasi masalah atau isu yang timbul, dalam erti kata lain intervensi merupakan perubahan yang dilakukan untuk meningkatkan pencapaian diri ke arah yang lebih baik. Manakala perbandingan melibatkan perbandingan antara intervensi dengan plasebo, perbandingan antara intervensi dengan rawatan konvensional atau perbandingan antara intervensi dan tiada rawatan dalam kajian (Jamal et al., 2019). Hasil pula dilimitasikan supaya analisis kajian terhad kepada hasil yang spesifik dan menjadi sasaran. Contohnya, dalam kajian ini pengkaji menilai impak penggunaan e-modul dalam pembelajaran Sains terhadap pemahaman konsep, motivasi, penglibatan pelajar semasa sesi PdP dan kemahiran berfikir secara kritis pelajar.

Langkah kedua ialah pencarian literatur. Pangkalan data seperti Google Scholar, ProQuest, Scopus, ERIC serta jurnal akses terbuka digunakan untuk membuat pencarian literatur dan seterusnya dengan menggunakan aplikasi Mendeley artikel yang relevan dimasukkan untuk pembacaan yang lebih terperinci.

Seterusnya, langkah ketiga ialah penilaian dan pemilihan kajian, di mana pengkaji menilai dan memilih kajian berdasarkan pembacaan tajuk, abstrak dan hasil kajian yang relevan dan selari dengan objektif bagi kajian ini terutamanya yang diterbitkan antara tahun 2015 hingga 2023. Maklumat dan informasi yang diperolehi daripada artikel dikumpulkan.

Akhir sekali ialah langkah keempat. Dalam langkah ini pengkaji membuat pelaporan dapatan dengan menyediakan penulisan literatur untuk penerbitan artikel. Rajah 1 di bawah adalah carta alir bagi analisis tinjauan sistematik yang telah diadaptasi daripada Basu (2017) dan Jamal et al. (2019).



Rajah 1. Analisis Tinjauan Sistematis diadaptasi daripada Basu (2017) dan Jamal et al. (2019)

PENGGUNAAN E-MODUL BERASASKAN KECERDASAN BUATAN DALAM PEMBELAJARAN SAINS

Pembelajaran Sains

Pembelajaran adalah proses yang berlaku apabila seseorang individu memperoleh pengetahuan, keterampilan, sikap atau pemahaman baru melalui pengalaman dan interaksi dalam lingkungan atau melibatkan individu lain. Dalam konteks pendidikan, pembelajaran merupakan interaksi antara tenaga pengajar dan pelajar dalam proses perolehan ilmu dan pengetahuan, penguasaan kemahiran dan tabiat serta pembentukan sikap dan kepercayaan. Secara ringkasnya pembelajaran adalah proses memperolehi ilmu pengetahuan atau kemahiran. Namun begitu, pembelajaran tidak hanya terhad kepada penguasaan dan kemahiran semata-mata, akan tetapi ianya merangkumi pelbagai aspek seperti perkembangan emosi, sikap, nilai estetika, kesenian dan ciri-ciri dalaman. Robert M. Gagne (1970) menyatakan bahawa pembelajaran adalah tingkah laku atau kebolehan yang dapat dikekalkan dan tidak termasuk perubahan yang disebabkan oleh proses pertumbuhan. Sebaliknya, menurut Anita Woolfolk (1995) pembelajaran merupakan proses yang membawa pengalaman kepada perubahan dalam pengetahuan dan tingkah laku.

Terdapat beberapa jenis pembelajaran antaranya ialah pembelajaran Bloom. Menurut Ikhwan Mahmudi et al. (2022), pembelajaran Bloom adalah pembelajaran yang terkenal dan banyak dijadikan sebagai rujukan. Pembelajaran Bloom diasaskan oleh seorang ahli psikologi pendidikan Amerika Syarikat iaitu Benjamin S. Bloom. Menurutnya, terdapat tiga jenis pembelajaran Bloom iaitu pembelajaran kognitif, pembelajaran afektif dan pembelajaran psikomotor. Pembelajaran kognitif adalah pembelajaran yang mengutamakan penggunaan mental seperti menyelesaikan masalah sains dan matematik dan memberi hujah bagi menyokong sesuatu perbincangan yang bersifat akademik. Manakala, pembelajaran afektif pula adalah pembelajaran yang mengutamakan aspek sosial dan emosi. Contohnya, berinteraksi dengan orang lain dan mendalami emosi sendiri untuk memupuk sifat sosial seperti bertolak ansur, bertanggungjawab dan sebagainya. Akhir sekali ialah pembelajaran psikomotor. Pembelajaran psikomotor adalah pembelajaran yang menggunakan aspek fizikal dan melibatkan koordinasi antara otak, saraf dan anggota badan. Misalnya, belajar cara untuk menulis, bermain bola sepak, menunggang basikal dan sebagainya. Jelaslah, pembelajaran penting dalam melahirkan dan mewujudkan modal insan yang proaktif dan maju ke hadapan.

Perkataan Sains berasal daripada perkataan Latin iaitu *Scientia* yang bermaksud pengetahuan fenomena alam semula jadi. Berdasarkan Buku Teks Sains Tingkatan 1, Sains ialah disiplin ilmu yang melibatkan pemerhatian dan eksperimen yang sistematik terhadap fenomena alam semula jadi. Manakala, Kamus Dewan Bahasa dan Pustaka Edisi Keempat (2005) pula mendefinisikan Sains sebagai ilmu pengetahuan yang teratur (sistematik) yang boleh diuji atau dibuktikan kebenarannya. Demi melahirkan insan yang seimbang, mata pelajaran Sains penting dan perlu dititikberatkan. Berdasarkan kurikulum Sains kebangsaan, mata pelajaran Sains dibahagikan kepada dua iaitu Sains Teras dan Sains Elektif. Mata pelajaran Sains Teras ditawarkan di sekolah rendah, menengah rendah dan menengah

atas. Bagi mata pelajaran Sains Elektif pula hanya ditawarkan di peringkat menengah atas kerana mata pelajaran Sains Elektif terdiri daripada Biologi, Fizik, Kimia dan Sains Tambahan (DSSKP Sains Tingkatan 3). Bagi pelajar yang mengambil aliran Sains di peringkat menengah atas, mata pelajaran Biologi, Kimia dan Fizik perlu dititikberatkan. Ketiga-tiga subjek ini sering dianggap sukar oleh para pelajar kerana untuk mendalaminya memerlukan kefahaman yang tinggi. Biologi adalah subjek yang mengkaji organisma hidup serta proses fisiologinya dan turut merangkumi proses alam (Hazana Kamaruddin et al., 2022). Kimia pula merupakan salah satu bidang Sains yang mengkaji tentang struktur, sifat, komposisi dan interaksi antara jirim manakala Fizik mengkaji mengenai objek pada alam semula jadi, fenomena alam serta interaksi antara objek pada alam semulajadi (Asrizal et al., 2022).

Penggunaan E-Modul dalam Pembelajaran: Fizik

Secara amnya, Fizik adalah salah satu cabang Sains semula jadi yang mengkaji fenomena dan sifat objek dalam alam semula jadi. Fizik merupakan sebahagian daripada sains semula jadi yang mengkaji fenomena dan konkrit semula jadi berdasarkan fakta, idea dan hasil eksperimen (Rizaldi et al., 2020; Sholekah, 2020). Oleh itu, mata pelajaran Fizik sering dianggap sukar oleh sesetengah pelajar (Chen et al., 2022; Maison et al., 2019; Pasaribu et al., 2017). Hal ini kerana mata pelajaran Fizik sukar difahami dan memerlukan pemahaman yang tinggi kerana konsepnya yang bersifat abstrak dan melibatkan pengiraan yang banyak (Bodeo & Koc, 2021). Persepsi sebegini menyebabkan minat dan motivasi pelajar menurun seterusnya mempengaruhi keputusan dan pencapaian pelajar dalam pembelajaran Fizik. Oleh yang demikian, antara salah satu usaha untuk mencapai matlamat pendidikan adalah dengan mengintegrasikan teknologi dalam PdP. Perkembangan teknologi yang pesat dan semakin meluas pada abad ke-21 ini, menjadikan segala-galanya lebih mudah dengan menyediakan pelbagai kaedah pengajaran alternatif untuk para pendidik (Marisda & Handayani, 2020; Rizaldi et al., 2020; Wulandari et al., 2021; Yodha et al., 2019). Justeru itu, pengintegrasian teknologi dalam pendidikan boleh diaplikasikan dalam mata pelajaran Fizik. Jelaslah, perkembangan teknologi hari ini harus diberi perhatian oleh guru, supaya pembelajaran dapat dijalankan dengan lebih efisien, menarik dan sistematik.

Salah satu usaha untuk mencapai objektif pembelajaran ialah dengan menggunakan e-modul semasa aktiviti PdP. E-modul merupakan salah satu bentuk bahan pengajaran yang mengintegrasikan penggunaan teknologi. Ini selaras dengan perkembangan pendidikan pada abad ke-21 yang menggunakan bahan pengajaran yang inovatif seperti modul berasaskan elektronik (Asrial et al., 2022; Istikomah et al., 2020; Putra et al., 2017; Suhara et al., 2022; Ustafiano & Purwanto, 2020). Berdasarkan hasil kajian Wulandari et al (2021), sebanyak 62.9% pelajar memerlukan e-modul dalam proses pembelajaran. Selain itu, penggunaan e-modul bertujuan untuk membolehkan pelajar belajar secara berdikari dan aktif untuk mendapatkan maklumat. Ini selari dengan hasil kajian yang dijalankan oleh Kuncahyono & Aini (2020), yang menyatakan bahawa hasil penggunaan e-modul yang berorientasikan pembelajaran aktif sangat menarik untuk digunakan oleh pelajar. Hal ini dapat membantu pelajar lebih faham terutama dalam proses pembelajaran bertema. Kajian lanjutan yang dijalankan oleh Gola et. al (2022) mengenai penggunaan e-modul fizik berasaskan android memperoleh keputusan sebanyak 71.95% di mana pelajar menyatakan bahawa e-modul tersebut adalah sangat baik.

Selain itu, penggunaan e-modul dalam pembelajaran dianggap lebih berkesan berbanding bahan PdP bercetak kerana e-modul dilengkapi dengan dengan pelbagai media interaktif seperti video, audio dan animasi yang boleh diulang tayang oleh pelajar apabila menggunakan e-modul. Oleh yang demikian, pendekatan e-modul akan menjadikan sesi PdP lebih interaktif dan efektif dengan menggabungkan bahan PdP dan multimedia. Kajian oleh Ahmad Hanis Azman & Azmanirah Ab Rahman (2022), mendapati bahawa pakar bersetuju dengan aspek multimedia yang dimasukkan dalam e-modul pembelajaran asas Ni Multisim yang dibangunkan. Hal ini kerana pelajar sangat memerlukan panduan atau modul untuk menggunakan perisian Ni Multisim bagi melakukan amali secara atas talian khususnya bagi pelajar jurusan Elektrik dan Elektronik (Azman, 2022). Maka terbuktilah penggunaan e-modul memberikan kelebihan sebagai bahan bantu mengajar yang interaktif supaya pelajar lebih berminat untuk belajar dan tidak bosan dengan bahan pengajaran yang biasa dalam mempelajari topik-topik abstrak Fizik.

Penggunaan E-Modul dalam Pembelajaran: Kimia

Pembelajaran Kimia merupakan salah satu cabang ilmu Sains yang berkaitan dengan struktur, sifat, komposisi, dan interaksi jirim. Menurut Noor Dayana Abd Halim, Mohamad dan Juhazreen Junaidi (2011), terdapat pelbagai konsep asas yang perlu digabungkan dalam mata pelajaran Kimia. Oleh itu, pelajar perlu memahami dan mendalami setiap konsep dan mereka tidak digalakkan menghafal untuk menghafal semata-mata, kerana subjek Kimia perlu menggunakan kemahiran berimajinasi yang tinggi. Justeru itu, kebanyakan pelajar sering menganggap mata pelajaran Kimia sebagai salah satu subjek yang sukar untuk mencapai skor yang tinggi dalam peperiksaan. Antara topik yang sering dianggap mencabar oleh pelajar ialah topik asid dan bes dengan subtopik penutralan khususnya dianggap paling sukar untuk difahami oleh kebanyakan guru dan pelajar (Dani Asmadi Ibrahim, Azraai Othman & Othman Talib, 2015). Pemahaman konsep mol dan kemolaran yang lemah menjadi punca pelajar mengalami kesukaran untuk memahami subtopik ini. Selain itu, pelajar juga mengalami kekeliruan untuk menggunakan formula bagi menyelesaikan soalan berkaitan pengiraan. Di samping itu, pelajar menghadapi kesulitan untuk membina persamaan kimia tindak balas dalam penutralan kerana asas menulis persamaan kimia pelajar adalah lemah seterusnya mempengaruhi langkah pengiraan berikutnya yang perlu diselesaikan.

Sehubungan dengan itu, inisiatif lain perlu diambil untuk meningkatkan motivasi dan minat pelajar terhadap mata pelajaran Kimia. Antara inisiatif yang boleh diaplikasikan dalam sesi PdP adalah melalui pendekatan visual. Pendekatan visual seperti penggunaan video animasi dapat membantu guru menerangkan konsep Kimia yang bersifat abstrak dengan lebih jelas dan memperbaiki miskonsepsi pelajar. Tambahan pula, penggunaan video pembelajaran membolehkan pelajar menonton dan mengulang topik yang kurang atau tidak difahami pada bila-bila masa (Tisdell & Loch, 2017). Selain daripada pemahaman konsep pelajar yang lemah, kaedah pengajaran guru juga menjadi punca kepada kesukaran yang dihadapi oleh pelajar dalam memahami subjek Kimia. Harlina Ishak, Zubaidah Mat Nor dan Ainee Ahmad (2017) berpendapat bahawa salah satu pendekatan untuk meningkatkan keberkesanan proses PdP dan menyesuaikannya dengan keperluan abad ke-21 adalah dengan memanfaatkan teknologi dan multimedia sebaik mungkin. Tambahan pula, modul pembelajaran berbentuk fizikal dan cetakan mempunyai kekangan dari segi limitasi kandungan, kaedah penyebaran dan cara penggunaannya. Namun, penggunaan modul fizikal ini boleh diatasi dengan penggunaan modul elektronik berbentuk multimedia yang lebih interaktif. Penggunaan modul elektronik membolehkan pengkaji mengaplikasikan pelbagai elemen multimedia video animasi, nota dalam format *PowerPoint* serta latihan dan kuiz secara atas talian (Norfariana Rahim & Lee Tien Tien, 2021). Berdasarkan kajian oleh Norfariana Rahim dan Lee Tien Tien (2021), sebanyak 77.7% (136 responden) sangat bersetuju dengan aturan penyampaian kandungan dalam modul e-PAB mudah difahami. Selain itu, perisian multimedia menjadi lebih interaktif dengan penggunaan pautan dalam modul elektronik. Hal ini terbukti berkesan melalui kajian yang dijalankan oleh Norfariana Rahim dan Lee Tien Tien (2021), yang mendapati sebanyak 73.1% (128 responden) bersetuju bahawa modul e-PAB mengandungi pautan aplikasi *Quizizz* dan video yang berfungsi dengan baik. Jelaslah, penggunaan e-modul dapat memberikan pelbagai manfaat kepada para pelajar terutamanya dalam membantu mereka memahami dengan lebih mendalam dan efektif bagi mata pelajaran Kimia yang sangat abstrak.

Penggunaan E-Modul dalam Pembelajaran: Biologi

Biologi merupakan salah satu mata pelajaran Sains elektif yang ditawarkan di pelbagai peringkat pendidikan termasuk sekolah menengah, pra-universiti dan institut pengajian tinggi. Biologi adalah subjek yang memfokuskan kajian terhadap organisma hidup dan proses fisiologinya termasuklah proses alam. Proses fisiologi dalam haiwan dan tumbuhan merupakan proses yang abstrak dan memerlukan pemahaman yang mendalam untuk mempelajarinya (Hazana Kamaruddin et al., 2022). Oleh itu, mata pelajaran Biologi sering mendapat pandangan yang negatif terutama daripada pelajar sekolah menengah (Samosa, 2021). Menurut Hazana Kamaruddin et al. (2022), proses pembelajaran yang berkesan membolehkan pelajar belajar dengan lebih baik. Tambahan pula, kemahiran belajar yang berbeza bagi setiap individu mempengaruhi cara mereka memahami sesuatu subjek. Jadi, mempunyai kaedah belajar yang sesuai adalah sangat penting untuk pelajar memahami dan menguasai subjek dengan mendalam

adalah lebih mudah. Kajian terdahulu menunjukkan bahawa masalah yang wujud dalam sistem pendidikan adalah disebabkan oleh ketiadaan model pembelajaran yang dapat meningkatkan minat, aktiviti dan hasil pembelajaran pelajar. Kaedah pembelajaran konvensional atau tradisional didapati membosankan kerana interaksi antara guru dan murid tidak wujud. Oleh itu, Dewantari & Singgih (2020) berpendapat bahawa penting untuk setiap pelajar menguasai konsep dan kemahiran penaakulan.

Sehubungan dengan itu, pendidik perlu kreatif dan berfikir di luar kotak dengan memanfaatkan kemudahan teknologi maklumat dalam menyediakan keperluan bahan pengajaran supaya bahan pembelajaran dapat disampaikan dengan lebih berkesan (Rahayu et al., 2018). Selaras dengan objektif Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM) 2013-2025, yang menetapkan penerapan ICT dalam pelaksanaan pedagogi dan kurikulum. Untuk itu, usaha untuk mempertingkatkan penerapan ICT di kalangan guru dan murid perlu dipertingkatkan (Kementerian Pendidikan Malaysia, 2013). Justeru itu, dengan kehadiran internet, telefon pintar dan pelbagai aplikasi atas talian tidak menjadi masalah untuk mengubah amalan PdP yang konvensional kepada pembelajaran maya dan mudah alih atau pembelajaran menggunakan teknologi tanpa wayar (Gnanasagaran & Amat @ Kamaruddin, 2019). Penggunaan e-modul atau modul elektronik adalah sangat efisien bagi kegunaan guru dan juga pelajar. Menurut Dhiyah Maharani dan Siti Robiah (2024), e-modul mempunyai beberapa ciri iaitu bersifat pengajaran sendiri, adaptif dan mesra pengguna. Selain itu, dengan adanya e-modul, pelajar boleh mengakses bahan pembelajaran dengan lebih mudah dan fleksibel tidak kira tempat dan masa (Wardani Wiksana, 2017). Berdasarkan kajian yang dijalankan oleh Dhiyah Maharani dan Siti Robiah (2024), e-modul biologi yang diintegrasikan dengan nilai IMTAQ yang dibangunkan adalah lebih menarik, lebih efisien dan lebih berkesan daripada bahan pengajaran yang pernah digunakan sebelum ini. Elemen-elemen dalam multimedia seperti imej, video, audio dan animasi serta penggunaan ayat yang sesuai di dalam topik sistem pertahanan badan dapat meningkatkan interaktiviti dan daya tarikan pembelajaran (Wulansari et al., 2018). Dhiyah Maharani dan Siti Robiah (2024) juga menyatakan e-modul pembelajaran biologi yang digunakan dalam aktiviti pembelajaran dapat meminimumkan peruntukan masa yang diperlukan. Hasil daripada keputusan yang dijalankan oleh mereka, dapat disimpulkan bahawa guru dan pelajar memerlukan e-modul biologi bersepadu dengan nilai IMTAQ untuk menjadikan pelajar lebih aktif semasa sesi pengajaran dan pembelajaran.

Justeru itu, penggunaan e-modul dalam PdP dianggap inovatif kerana berupaya untuk memaparkan bahan pengajaran yang menyeluruh, lengkap dan lebih sistematik dengan menarik. Suarsana dan Mahayukt (2013) mendapati penggunaan e-modul boleh meningkatkan kemahiran berfikir kritis pelajar dan pelajar juga memberikan respon yang positif. Berdasarkan kajian oleh Putri Izatul Aulia dan Ely Rudyatmi (2023), mendapati majoriti 86% pelajar bersetuju bahawa bahan e-modul bagi struktur tumbuhan dan fungsi tisu yang dibangunkan adalah praktikal dan mudah digunakan. Hal ini kerana, e-modul yang dibangunkan adalah berasaskan pautan supaya pelajar boleh mengakses dengan mudah. Selain itu, semua pelajar bersetuju bahawa e-modul yang dibangunkan adalah menarik gambar yang digunakan dalam e-modul adalah jelas dan mudah difahami. Demikianlah, penggunaan e-modul dalam mata pelajaran biologi dilihat dapat meningkatkan tahap kefahaman dan minat pelajar terhadap mata pelajaran tersebut.

Penggunaan Kecerdasan Buatan dalam Pembelajaran Sains

KB merupakan satu set program computer dan teknologi yang berkemampuan untuk meniru dan berfungsi mirip kecerdasan otak manusia (Huang, Rust & Maksimovic, 2019). KB merupakan satu cabang sains dan kejuruteraan perisian yang sedang berkembang pesat dan mampu mengubah setiap aspek interaksi sosial terutama dalam bidang pendidikan masa kini. Konsep KB ini merujuk kepada kemampuan sistem berkomputer untuk meniru kecerdasan manusia dalam pembelajaran, pemikiran dan membuat keputusan. Penggunaan KB dalam pendidikan memberikan pelbagai manfaat kepada pelajar dan guru antaranya ialah dapat meningkatkan pengalaman pembelajaran pelajar serta membolehkan para guru mengakses pengetahuan dan sumber-sumber pembelajaran dengan mendalam dan lebih luas. Selain itu, teknologi KB boleh dimanfaatkan untuk merancang PdP yang sesuai dengan keperluan serta kebolehan pelajar. Ini menunjukkan teknologi KB memberi kesan kepada domain pendidikan yang berpotensi menimbulkan satu revolusi pendidikan keempat (Roll & Wylie, 2016; Seldon & Abidoye, 2018).

Mata pelajaran Sains sering dianggap sukar kerana mata pelajaran Sains amat mengutamakan kaedah pembelajaran inkuiri dan penyelesaian masalah. Selain itu, pelajar perlu menghubungkan fakta dan konsep serta membuat pengitlakan untuk mengaitkan pembelajaran baru dengan pengetahuan sedia ada. Justeru itu, keupayaan pelajar dalam memahami kandungan pelajaran amat penting untuk memastikan para pelajar dapat menguasai topik-topik yang dipelajari (Hasmiza Yaakob et al., 2018). Berdasarkan MOSTI, bilangan pelajar yang memilih untuk mengambil subjek Matematik Tambahan dan Sains Tulen iaitu Fizik, Kimia dan Biologi adalah menurun di mana calon yang mengambil SPM 2023 telah merekodkan penurunan sebanyak 3.33% bagi subjek Matematik Tambahan, Fizik (1.42%), Kimia (1.42%) dan Biologi (2.2%). Antara faktor yang menyebabkan penurunan ini adalah kerana pelajar kurang berminat untuk mempelajari mata pelajaran Sains. Jelaslah, kurangnya minat dan kefahaman pelajar terhadap subjek Sains merupakan punca yang dikenal pasti sebagai kelemahan utama pelajar (Fitri, 2014; Hasmiza Yaakob et al., 2018; Ismail & Khairuzaman, 2010; Wei, 2013).

Untuk itu, pendekatan baharu perlu diperkenalkan dan digunakan semasa sesi PdP untuk menangani masalah pembelajaran terutamanya bagi mata pelajaran Sains. Oleh itu, kaedah yang sesuai dan relevan untuk digunakan dalam proses PdP adalah dengan menggunakan aplikasi teknologi. Tambahan pula, Malaysia kini merupakan sebuah negara membangun yang berdaya saing dalam kalangan negara maju. Menurut Zaira, Zolkefli & Saidon (2016), penggunaan internet dalam sistem pendidikan di Malaysia telah lama diaplikasikan dan banyak memberi kesan yang positif dalam PdP. Pelbagai alat dan bahan bantu mengajar boleh dihasilkan dengan bantuan KB antaranya ialah penghasilan dan penggunaan e-modul, penjaan kuiz dan soalan atas talian serta menjalankan aktiviti makmal secara maya. Oleh yang demikian, penggunaan e-modul berasaskan KB bagi mata pelajaran Sains adalah sangat bersesuaian untuk mewujudkan pembelajaran yang lebih interaktif dan efektif dan dapat menarik minat pelajar untuk mempelajari mata pelajaran Sains. Menurut Lilia et al. (2015), mata pelajaran Sains dikenal pasti sebagai salah satu medium untuk memupuk budaya kreatif dan inovatif. Pelajar yang terdedah dengan penggunaan teknologi maklumat akan terdorong untuk melibatkan diri dalam proses pembelajaran, mewujudkan suasana pembelajaran yang menyeronokkan, membantu meningkatkan kefahaman, memupuk minat dan seterusnya membantu negara untuk melahirkan modal insan yang tinggi intelektualnya.

Impak Pembelajaran berasaskan E-Modul

Perkembangan dalam bidang teknologi yang semakin maju merupakan satu wadah dalam mewujudkan sistem pendidikan yang lebih moden, efektif dan relevan. Kaedah pembelajaran berasaskan e-modul mampu memberikan impak yang positif dan baik kepada semua pihak terutamanya untuk kegunaan guru dan pelajar. Keberkesanan sesi PdP dapat dihasilkan melalui penggunaan bahan bantu mengajar yang bersesuaian dengan matlamat pembelajaran abad ke-21. Tambahan pula menurut Norhazleya Hamzah et al (2022), pedagogi pada masa kini memerlukan kerjasama daripada para guru untuk merealisasikan penggunaan Teknologi Maklumat dan Komunikasi (TMK) seiring dengan pelan anjakan ke-7 Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (2013-2025). Penggunaan e-modul sebagai bahan bantu mengajar berdasarkan topik dalam mata pelajaran Sains yang telah diintegrasikan dalam bentuk TMK merupakan pemudahcara dalam menyampaikan maklumat semasa sesi pengajaran dan pembelajaran. Selain itu, penggunaan media yang pelbagai dalam e-modul yang bersesuaian berdasarkan keperluan berperanan untuk memastikan objektif pembelajaran dapat dicapai (Nor Tuaini Ab. Wahid, 2019; Sumaiyah Sulaiman, 2020; Taqwudin Yazid et al., 2023). Ciri-ciri ini membolehkannya memberikan kesan yang positif meskipun diguna pakai oleh individu pelajar yang berbeza dengan tahap kebolehan yang berbeza (Taqwudin Yazid et al., 2023).

Berdasarkan Teori Kognitif pembelajaran multimedia yang dipelopori oleh Mayer (2005), beliau percaya bahawa seseorang memperoleh pembelajaran bermakna apabila didedahkan dengan maklumat multimedia yang mempunyai kombinasi perkataan dan gambar, berbanding informasi yang disampaikan dalam bentuk teks sahaja. Sidek Mohd Noah dan Jamaludin Ahmad (2005) juga menyokong teori Mayer dengan menyatakan modul yang dilengkapi dengan gambar rajah, gambar kartun, graf, carta dan seumpamanya adalah lebih memudahkan pemahaman serta menarik minat pelajar. Hasil kajian yang dijalankan oleh Asrizal et al (2022) terhadap e-modul yang dibangunkan

mendapati e-modul bersepadu STEM dapat meningkatkan sikap positif pelajar dalam pembelajaran. Secara langsung e-modul yang dibangunkan dapat meningkatkan motivasi pelajar untuk berdisiplin dan berkeyakinan dalam menyelesaikan tugas, bekerja secara berkumpulan dan bertanggungjawab terhadap pelajaran yang diajar oleh guru. Kajian oleh Harefa & Silalahi (2021) pula mendapati sebanyak 93.24% pelajar bermotivasi dalam menjalankan aktiviti eksperimen menggunakan e-modul. Jelaslah, penggunaan e-modul akan menyebabkan para pelajar termotivasi untuk belajar sehinggakan semasa sesi PdP berlangsung pelajar akan aktif berkomunikasi, tekun, jujur dan menikmati bahan bacaan (Made et al., 2021; Wu et al., 2018).

Seterusnya, penggunaan e-modul juga memberi kesan kepada pemahaman pelajar dalam konsep yang berkaitan bidang Sains. Kajian oleh Asrizal et al (2022), mendapati e-modul berintegrasikan STEM dapat membantu meningkatkan pengetahuan pelajar. Selaras dengan kajian yang telah dijalankan bahawa pembangunan e-modul dengan mengintegrasikan STEM dapat memudahkan pelajar untuk memahami konsep pembelajaran (Prasetyo et al., 2021; Sidiq & Suhendro, 2017). Selain itu, pembelajaran Sains sering dikaitkan dengan kehidupan seharian dan ini sangat menarik untuk dijelaskan di dalam e-modul semasa sesi PdP. Hal ini bukan sahaja dapat menarik minat pelajar malah dapat meningkatkan pengetahuan dan kefahaman pelajar tentang konsep dari persekitaran sekeliling (Asrizal et al., 2022). Oleh yang demikian, pelajar akan memberikan respon yang positif kerana pembelajaran akan lebih mudah diakses, kelihatan menarik dan dapat dikaitkan dengan kehidupan seharian (Azalia et al., 2020; Rochsun & Agustin 2020; Triwahyuningtyas et al., 2020). Penerapan penggunaan e-modul tidak hanya terbatas di peringkat sekolah sahaja, tetapi di peringkat pengajian tinggi penggunaan e-modul adalah lebih meluas. Hal ini kerana penyampaian maklumat melalui penggunaan e-modul adalah lebih efektif dan mudah di akses. Oleh yang demikian, dalam usahasama untuk memperkasakan pembelajaran abad ke-21, penggunaan teknologi yang semakin canggih seperti KB perlu digunakan secara maksima.

Impak Penggunaan Kecerdasan Buatan dalam Pembelajaran Sains

KB adalah sistem berkomputer yang diinspirasikan daripada cara sistem saraf manusia untuk memahami, belajar, berfikir, dan mengambil tindakan yang sesuai (Stone et al., 2016). Menurut Kok et al. (2009) KB mempunyai kemahiran pembelajaran, mengenali situasi, menyelesaikan masalah, dan berkomunikasi dalam bahasa manusia dan KB dibezakan daripada program berkomputer yang lain kerana keupayaannya untuk belajar secara sendiri. Nikitas et al. (2020) pula percaya bahawa KB adalah konsep yang masih di peringkat awal dan berkeupayaan untuk berkembang untuk meningkatkan kecekapan penggunaannya dalam pelbagai jenis sumber dan bidang. Teknologi KB dilihat sangat penting terutamanya dalam bidang pendidikan. Ianya telah dianggap sebagai tonggak asas dalam pendidikan STEM dan memainkan peranan penting dalam membantu guru sebagai fasilitator dan penilai pembelajaran. Lebih-lebih lagi, teknologi KB mampu untuk menerima, menyimpan, dan memproses maklumat serta menggalakkan pembelajaran sendiri, di mana guru Sains boleh melihat perbezaan kemampuan setiap pelajar, sekali gus dapat meningkatkan kualiti PdP (Darayseh, 2022).

Menurut Zhao et al. (2019) penggunaan pengajaran berasaskan KB mampu memberikan impak yang positif kepada pencapaian akademik pelajar dan juga memainkan peranan penting dalam mengatasi masalah lupa kata kunci. Tambahan pula, menurut Topal et al. (2021) penggunaan KB seperti *chatbots* boleh membantu dalam pembelajaran Sains dengan meningkatkan prestasi dan pembelajaran pelajar. Sebagai contoh penggunaan *chatbots* seperti *ChatGPT* berkemampuan untuk mengenali dan memahami perkataan dan kemudian memberi jawapan dengan sewajarnya. Seterusnya, pengaplikasian KB mampu menyediakan sokongan pembelajaran yang lebih sistematik dengan menggunakan peranti elektronik seperti komputer, tablet dan telefon pintar. Hal ini dapat mewujudkan suasana pembelajaran yang lebih efisien dan efektif di mana pelajar dapat belajar di luar waktu kelas dengan bantuan *chatbots*. Selain itu, banyak alatan dan aplikasi boleh digunakan dalam pengajaran Sains, termasuk simulasi *PhET*, *Labster Virtual Lab* dan *Third Space*. Penggunaan aplikasi sebegini dapat memberikan kebebasan kepada pelajar untuk meneroka pembelajaran secara sendiri dan guru hanya berfungsi sebagai fasilitator.

Antara masalah yang sering dihadapi oleh para guru semasa sesi PdP berlangsung adalah untuk memastikan pelajar fokus dan memberi tumpuan terhadap apa yang diajar dalam suatu tempoh masa yang tertentu (Salbihana Samsudin, Halif Md Saleh & Ahmad Shukri Ahmad, 2024). Tambahan pula, bagi mata pelajaran Sains amat memerlukan pelajar untuk memberikan tumpuan sepenuhnya semasa sesi PdP kerana mata pelajaran Sains banyak berkait tentang pemahaman konsep, fakta dan penyelesaian masalah. Berdasarkan kajian yang dijalankan Tapalova dan Zhiyenbayeva (2022), kebanyakan pelajar mengakui bahawa pelaksanaan teknologi KB dalam pendidikan meningkatkan penglibatan dan minat mereka terhadap pembelajaran. Selain itu, penggunaan KB juga membantu para pelajar menyesuaikan kandungan pelajaran dengan keperluan peribadi dan mempercepatkan proses PdP. Kajian yang dijalankan oleh Salbihana Samsudin, Halif Md Saleh & Ahmad Shukri Ahmad (2024), mendapati sebanyak 95.3% kesan aplikasi KB dalam PdP dapat meningkatkan minat murid dan sebanyak 45.3% dapat meningkatkan kreativiti murid. Jelaslah, kaedah pengajaran berbantuan kecanggihan teknologi KB mampu memberi kesan terhadap minat dan penumpuan murid untuk mengikuti pembelajaran.

KESIMPULAN

Secara keseluruhannya pembelajaran berasaskan e-modul perlu diperkasakan supaya pengajaran dan pembelajaran secara konvensional dapat dikurangkan. Perkembangan bidang teknologi yang semakin pesat pada hari ini merupakan satu jambatan untuk mempertingkatkan kemajuan dalam bidang pendidikan bagi melahirkan generasi yang lebih berdaya saing dan proaktif. Seterusnya, diharapkan penggunaan e-modul dalam pembelajaran dapat membantu sistem pendidikan di negara kita untuk memupuk minat generasi seterusnya untuk menceburi bidang Sains dan Teknologi. Jelaslah bahawa, penggunaan e-modul dalam pembelajaran merupakan salah satu medium pembelajaran interaktif yang moden dan relevan dalam menjayakan sesi pengajaran dan pembelajaran. Oleh itu, para guru dan pelajar perlu bersama-sama mengaplikasikan penggunaan teknologi secara holistik untuk mewujudkan pembelajaran yang berkesan melalui penggunaan e-modul dengan lebih banyak lagi.

RUJUKAN

- Asrial, A., Syahrial, S., Kurniawan, DA, Chen, D., & Wulandari, M. (2022). E-Module Mangrove Ecotourism: Difference and Relationship Perception, Interest, and Environment Character Care Elementary Students. *Peuradeun Scientific Journal*, 10(3), 661. <https://doi.org/10.26811/peuradeun.v10i3.757>
- Asrizal, A., Zan, A. M., Mardian, V., & Festiyed, F. (2022). The impact of static fluid e-module by integrating stem on learning outcomes of students. *Journal of Education Technology*, 6(1), 110-118.
- Aulia, P. I., & Rudyatmi, E. (2023). Development of E-Module Materials on Plants Structure and Tissue Function Based on Discovery Learning for High School Students. *Journal of Biology Education*, 12(1), 53-60. <https://doi.org/10.15294/jbe.v12i1.61519>
- Azalia, I., Sudarmin, & Wisnuadi, A. (2020). The Effects of Ethnoscience Integrated STEM E-Book Application on Student's Science Generic Skills in Chemical Equilibrium Topic. *International Journal of Active Learning*, 5(1), 19-25. <https://doi.org/https://www.learntechlib.org/p/216680/>.
- Azman, A. H., & Ab Rahman, A. (2022). Pembangunan E-Modul Pembelajaran Asas Ni Multisim. *Research and Innovation in Technical and Vocational Education and Training*, 2(2), 086-098. <https://doi.org/10.30880/ritvet.2022.02.02.011>
- Azman, A. H. (2022). Pembangunan E-Modul Asas NI Multisim, Tesis Sarjana Muda, UTHM.
- Badeo, J. M. O., & Koc, B. C. U. O. K. (2021). Use of Comic-based Learning Module in Physics in Enhancing Students' Achievement and Motivation. *Science Education International*, 32(2), 131-136. <https://doi.org/10.33828/sei.v32.i2.6>
- Chen, D., Wulandari, M., & Fitriani, R. (2022). Analysis of Student Needs for the Use of Folding Integral E-Modules in Mathematical Physics Course I. *Scientific Journal of Education Development*, 15(1), 32-39. <https://doi.org/10.33557/jedukasi.v15i1.1759>
- Darayseh, A. A. (2023). Acceptance of artificial intelligence in teaching science : *Science teacher's perspective. Computers and education: Artificial Intelligence*, 4
- Dewan Bahasa dan Pustaka. (2005). Kamus Dewan Edisi Keempat. Kuala Lumpur: DBP

- Dewantari, N., & Singgih, S. (2020). Indonesian Journal of Natural Science Education (IJNSE). *Indonesian Journal of Natural Science Education (IJNSE)*, 03(2), 366–371.
- Fitri, S. (2014). Penguasaan Kemahiran Proses Sains Dan Pencapaian Mata Pelajaran Sains Dalam Kalangan Murid Tahun Lima Sekolah Kebangsaan Di Kudat. *Jurnal Penyelidikan Kent*, 13. Retrieved from <http://ipkent.edu.my/document/pskent/pskent18/jurnal/132014/1.pdf>
- Gagne, R. M. (1970). *The Conditions of Learning and Theory of Instruction*. 4th Edition. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Gnanasagaran, D., & Amat @ Kamaruddin, A. H. (2019). The effectiveness of mobile learning in the teaching and learning of probability. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematik Malaysia*, 9(2), 9–15. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol9.2.2.2019>
- Gola, N., Subiki, S., & Nuraini, L. (2022). Student Response Profile Using Android-Based Physics E-Module (Andromo). *Journal of Learning Physics*, 11(2), 53. <https://doi.org/10.19184/jpf.v11i2.31558>
- Halim, N. D. A., Mohamad, B. & Junaidi, J. (2011). Reka bentuk laman web berasaskan pendekatan inkuiri penemuan bagi asid dan bes tingkatan empat. *Jurnal Teknologi Pendidikan Malaysia*, 1(2), 5-15.
- Hamzah, N., Ramli, H., & Khairani, M. Z. (2022). Kepentingan E-Modul dalam Pengajaran dan Pembelajaran Pendidikan Seni Visual. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 7(12), e001971. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v7i12.1971>
- Harefa, N., & Silalahi, N. F. D. (2021). Improvement of student's learning outcomes and motivation with chemical practicum e-module. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 12(1), 10–19.
- Huang, M. H., Rust, R., & Maksimovic, V. (2019). The feeling economy: Managing in the next generation of artificial intelligence (AI). *California Management Review*, 61(4), 43-65. doi: <https://doi.org/10.1177/0008125619863436>
- Ibrahim, D. A., Othman, A., & Talib, O. (2015). Pandangan pelajar dan guru terhadap tahap kesukaran tajuk-tajuk kimia. *Jurnal Kepimpinan Pendidikan*, 1(4), 33-46.
- Ishak, H., Nor, Z. M., & Ahmad, A. (2017). Pembelajaran interaktif berasaskan aplikasi Kahoot dalam pengajaran abad ke-21. Diperoleh pada 21 November, 2019 daripada <https://seminarserantau2017.files.wordpress.com/2017/09/74-harlina-binti-ishak.pdf>
- Ismail, K., & Khairuzaman, I. (2010). Mengenal pasti faktor-faktor yang menyebabkan pelajar kurang cemerlang dalam mata pelajaran Sains: Satu kajian tinjauan di sebuah sekolah menengah luar bandar. *Jurnal Kurikulum & Pengajaran Asia Pasifik*, 3(5), 23–30. Retrieved from <http://eprints.utm.my/11384/>
- Istikomah, Purwoko, R. Y., & Nugraheni, P. (2020). Realistic-Based Mathematics E-Module Development to Improve Ability. *Scientific Journal of Mathematics Education*, 7(2), 63–71. <https://ejournal.stkipbbm.ac.id/index.php/mtk/article/view/490>
- Jamal, S. N. B., Ibrahim, N. H. B., & Surif, J. Bin. (2019). Concept cartoon in problem-based learning: A systematic literature review analysis. *Journal of Technology and Science Education*, 9(1), 51–58. <https://doi.org/10.3926/jotse.542>
- Kamaruddin, H., Che Ahmad, C. N., & Ahmad Rashid, F. A. (2022). Systematic literature review on development of Biology learning module through bot telegram application for Matriculation students: Kajian literatur bersistematik ke atas pembangunan modul pembelajaran Biologi melalui aplikasi telegram bot bagi pelajar Matrikulasi. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematik Malaysia*, 12(2), 39–50. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol12.2.3.2022>
- Kamaruddin, H., Che Ahmad, C. N., & Ahmad Rashid, F. A. (2022). Systematic literature review on development of Biology learning module through bot telegram application for Matriculation students: Kajian literatur bersistematik ke atas pembangunan modul pembelajaran Biologi melalui aplikasi telegram bot bagi pelajar Matrikulasi. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematik Malaysia*, 12(2), 39–50. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol12.2.3.2022>
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2013). *Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia 2013-2025: Pendidikan prasekolah Hingga Lepas Menengah*.
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2019). *Laporan Tahunan 2018 PPPM 2013-2025. Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia 2013-2025*, 1, 100-108.
- Kok, J. N., Boers, E. J., Kusters, W. A., van der Putten, P., & Poel, M. (2009). *Artificial intelligence: Definition, trends, techniques, and cases. Knowledge for sustainable development: An insight into the encyclopedia of life support systems*. Eolss Publishers.
- Kuncahyono, & Aini, D. F. N. (2020). Development of Student Active Learning Oriented E-Module Guidelines to Support Learning in Elementary Schools. *Journal of Archipelago Basic Education*, 5(2), 292–304. <https://doi.org/10.29407/jpdn.v5i2.13999>
- Kurikulum, B. P. (2018). *Dokumen Standard Kurikulum Dan Pentaksiran Tingkatan 3*. Diperoleh daripada <http://bpk.moe.gov.my/index.php/terbitan-bpk/kurikulum-sekolah-menengah/category/85-dskp-tingkatan-3?start=30>

- Lilia, E. M., Lilia, H., & Zanaton, H. I. (2015). Konstruksi Kreativitas Saintifik Bagi Kajian Dalam Pendidikan Fisik Sekolah Menengah: Satu Sorotan Literatur. In *Sixth International Conference on Science and Mathematics Education CoSMEd 2015*.
- Made, N., Sari, A., Bagus, I., & Manuaba, S. (2021). Development of Interactive E-Module Based on Human Digestive System Material Inquiry on Theme 3 About Healthy Foods for Fifth Grade Elementary School. *Indonesian Journal of Educational Research And Review*, 5(1), 54–62. <https://doi.org/10.23887/ijerr.v4i1>
- Maharani, D., & Robiah, S. (2024). Analisis Kebutuhan E-Modul Biologi Terintegrasi Nilai Intaq Pada Materi Sistem Pertahanan Tubuh Manusia. *Jurnal Yudistira: Publikasi Riset Ilmu Pendidikan dan Bahasa*, 2(2), 31–44. doi: <https://doi.org/10.61132/yudistira.v2i2.590>
- Mahmoud, A. (2020). Artificial intelligence applications: An introduction to education development in the light of corona virus pandemic COVID 19 challenges. *International Journal of research in Educational Sciences*, 3(4), 171–224.
- Mahmudi, I., Athoillah, M, Z., Wicaksono, E, B., & Kusuma, A, R. (2022). Taksonomi Hasil Belajar Menurut Benyamin S. Bloom. *Jurnal Multidisiplin Madani*, 2(9), 3507–3514. <https://doi.org/10.55927/mudima.v2i9.1132>
- Maison, Darmaji, Kurniawan, D. A., Astalini, Dewi, U. P., & Kartina, L. (2019). Analysis of Science Process Skills in Physics Education Students. *Journal of Educational Research and Evaluation*, 51(1), 197–205.
- Marisda, D. H., & Handayani, Y. (2020). Task-Based Collaborative Learning Model as an Alternative to Mathematical Physics Learning. *PPs Physics UNM*, 2(1), 9–12.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 31–47). UK: Cambridge University Press.
- Nikitas, A., Michalakopoulou, K., Njoya, E., & Karampatzakis, D. (2020). Artificial intelligence, transport and the smart city: Definitions and dimensions of a new mobility era. *Sustainability MDPI Journal*, 12(7), 1–19.
- Noah, S. M., & Ahmad, J. (2005). Pembinaan Modul: Bagaimana Membina Modul Latihan dan Modul Akademik. Serdang: Penerbit Universiti Putra Malaysia.
- Pasaribu, D. S., Hendri, M., & Susanti, N. (2017). Efforts to Increase Students' Interest and Physics Learning Outcomes Using the Talking Stick Learning Model on Dynamic Electricity in Class X Sman 10 Muaro Jambi. *EduFisika Journal*, 02(01), 61–69.
- Prasetyo, D., Marianti, A., & Alimah, S. (2021). Journal of Innovative Science Education Improvement of Students' Science Literacy Skills Using STEM-Based. *Journal of Innovative Science Education*, 10(37), 216–221. <https://doi.org/10.15294/JISE.V9I3.43539>.
- Putra, K. W. B., Irawan, I. M. A., & Pradnyana, G. A. (2017). Development of E-Modules Based on Discovery Learning Learning Models in the Subject "Computer Systems" for Class X Multimedia Students of SMK Negeri 3 Singaraja. *Journal of Technology and Vocational Education*, 14(1), 40–49.
- Rahayu, Y. S., Wibawa, S. C., Yuliani, Y., Ratnasari, E., & Kusumadewi, S. (2018). The development of BOT API social media Telegram about plant hormones using Black Box Testing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 434(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/434/1/012132>
- Rahim, N., & Lee, T. T. (2021). Development of Acid Base e-learning (e-PAB) Module using Google Classroom. *Journal of Science and Mathematics Letters*, 9(1), 1-10. <https://doi.org/10.37134/jsml.vol9.1.1.2021>
- Rizaldi, D. R, Jufri, A. W, & Jamaluddin, J. (2020). PhET: Interactive Simulation in the Physics Learning Process. *Scientific Journal of Educational Professions*, 5(1), 10–14. <https://doi.org/10.29303/jipp.v5i1.103>
- Rochsun, & Agustin, R. D. (2020). The Development Of E-Module Mathematics. *European Journal of Education Studies*, 7(10), 400–412. <https://doi.org/10.46827/ejes.v7i10.3317>.
- Roll, I., Wylie, R. (2016). Evolution and revolution in artificial intelligence in education. *Int J Artif Intell Educ* 26, 582–599. doi: <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0110-3>
- Samosa, R. C. (2021). COSIM (Comics Cum Sim): An innovative material in teaching biology. 2(4), 19–28.
- Samsudin, S, Saleh, H. M, & Ahmad, A. S. (2024). Persepsi Bakal Guru Terhadap Kesan Aplikasi Kecerdasan Buatan (Ai) Dalam Pengajaran Dan Pembelajaran. *International Journal Of Educational Research On Andragogy And Pedagogy*, 2(1), 112 to 124. Retrieved from <http://ijerap.com/index.php/ijerap/article/view/27>
- Seldon, A., & Abidoye, O. (2018). The fourth education revolution. Legend Press Ltd.
- Sholekah, A. W. (2020). Increasing Motivation and Learning Outcomes in Science on Environmental Pollution through the PjBL Model for Class VII Students of SMPN 9 Salatiga. *MIPA Education Journal*, 10, 16–22.
- Sidiq, R., & Suhendro, P. (2017). Utilization of Interactive E-Modules in Formation of Students's Independent Characters in the Era of Pandemic. *International Journal of Educational Research & Social Sciences*, 2(6), 1651–1657. <https://doi.org/10.51601/ijersc.v2i6.194>.

- Stone, P., Brooks, R., Brynjolfsson, E., Calo, R., Etzioni, O., Hager, G., et al. (2016). Artificial intelligence and life in 2030. In *Proceedings of the one hundred year study on artificial intelligence: Report of the 2015–2016*. Stanford, CA: Stanford University.
- Suarsana, I. M., & Mahayukt, G. A. (2013). Pengembangan E-Modul Berorientasi Pemecahan Masalah Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 2(2), 87-91
- Suhara, Y. I., Siska, N. D., Fadilah, A. F., & Supriyadi, M. A. (2022). Comparative Analysis of Electronic Modules with Print Modules in Social Studies Learning to See Environmental Care Character Indicators. *Journal of Basic Education Research*, 3(3), 69-75
- Sulaiman, S. (2020). Pembangunan Modul Pembelajaran Kemahiran Menulis Bahasa Arab Berasaskan Regulasi Kendiri dalam kalangan Pelajar Institut Pendidikan Guru di Malaysia. Universiti Putra Malaysia.
- Tapalova, O., and Zhiyenbayeva, N. (2022). Artificial Intelligence in Education: AIED for Personalised Learning Pathways. *The Electronic Journal of e-Learning*, 20(5), pp. 639-653.
- Tisdell, C., & Loch, B. (2017). How useful are closed captions for learning mathematics via online video? *Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 48(2), 229-243. Doi: 10.1080/0020739X.2016.1238518
- Topal, A. D., Eren, C. D., & Geçer, A. K. (2021). Chatbot application in a 5 grade science course. *Education and Information Technologies*, 26(5), 6241–6265. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10627-8>
- Triwahyuningtyas, D., Ningtyas, A. S., & Rahayu, S. (2020). The problem-based learning e-module of planes using Kvisoft Flipbook Maker for elementary school students. *Jurnal Prima Edukasia*, 8(2), 199–208. <https://doi.org/10.21831/jpe.v8i2.34446>
- Ustafiano, B., & Purwanto, W. (2020). Evaluation of Electric and Electronic Handout in Automotive Engineering by Using Formative Evaluation Process. *Journal of Mechanical Engineering Education*, 5(1), 31–38.
- Wahid, N. T. A. (2019). Development Of A Problem-Posing Multimedia Module And Its Effectiveness To Enhance Student Performance In Form Four Biology (Issue May). Universiti Putra Malaysia.
- Wei, C. H. (2013). Kajian tentang teknik-teknik untuk meningkatkan minat dan sikap murid-murid terhadap mata pelajaran sains di sekolah rendah jenis kebangsaan cina pei yuan kampar. perak. kampar. Retrieved from https://www.academia.edu/6911883/Kajian_Tentang_Teknik_Teknik_Untuk_Meningkatkan_Minat_dan_Sikap_Murid_murid_Terhadap_Mata_Pelajaran_Sains_Di_Sekolah_Jenis_Kebangsaan_Cina_Pei_Yuan_Kampar
- Woolfolk, A. (1995). *Educational Psychology*. 9th Edition. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Wu, T., Huang, Y., Su, C., Chang, L., & Lu, Y. C. (2018). Application and Analysis of a Mobile E-Book System Based on Project- Based Learning in Community Health Nursing Practice Courses. *Educational Technology & Society*, 21(4), 143–156. <https://www.learntechlib.org/p/190831/>
- Wulandari, M., Astalini, A., & Darmaji, D. (2021). Analysis of Student Needs for the Development of Mathematical Physics E-Module I in the Physics Education Study Program, FKIP, Jambi University, Mashelin. *MIPA Education Journal*, 20(1), 23–29
- Wulansari, E. W., Kantun, S., & Suharso, P. (2018). Pengembangan E-Modul Pembelajaran Ekonomi Materi Pasar Modal Untuk Siswa Kelas Xi Ips Man 1 Jember Tahun Ajaran 2016/2017. *Jurnal Pendidikan Ekonomi: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan, Ilmu Ekonomi Dan Ilmu Sosial*, 12(1), 1. <https://doi.org/10.19184/jpe.v12i1.6463>
- Yaakob, H., Wahab, M. N. A., Aziz, A. R. A., Zainun, M. R. M. (2023). Masalah pembelajaran murid sekolah rendah luar bandar dalam mata pelajaran sains. *International Journal of Humanities Technology and Civilization*, 8(1), 22-35. Doi: <https://doi.org/10.15282/ijhtc.v8i1.9400>
- Yazid, M. T. M., Sulong, W. M. W., Mustapha, N. F., & Jabar, M. A. A. (2023). Potensi e-Modul dalam Pembelajaran Bahasa Arab pada Era Globalisasi. *Innovative Teaching and Learning Journal*, 7(1), 1-11.
- Yodha, S. A., Abidin, Z., & Adi, E. P. (2019). Student Perceptions of the Implementation of E-Learning in Information System Management Subjects of Educational Technology Department Students, State University of Malang. *JKTP Journal of Educational Technology Studies*, 2(3), 181–187.
- Zaira, R., Zolkefli, B. & Saidon, K. (2016). Faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan Vle Frog dalam kalangan guru di sekolah menengah. *Proceeding of ICECRS*, 1023-1032.
- Zhao, L., Chen, L., Liu, Q., Zhang, M., & Copland, H. (2019). Artificial intelligence-based platform for online teaching management systems. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 37(1), 45–51.