

STEM BERSEPADU DI DALAM PEMBELAJARAN BERASASKAN PERMAINAN: SATU PENDEKATAN HOLISTIK DALAM PEMBELAJARAN DAN PENGAJARAN TOPIK JADUAL BERKALA UNSUR

Mohammad Najib Mohammed Na'aim

*Mageswary Karpudewan

Pusat Pengajian Ilmu Pendidikan, Universiti Sains Malaysia

*kmageswary@usm.my

Abstract

The Periodic Table of Elements (PTE) is a fundamental topic in the Standards-Based Secondary Curriculum (KSSM), specifically in the Form 4 Chemistry curriculum. Understanding the PTE is crucial for mastering Chemistry and is also relevant to other science subjects. However, many students find the PTE challenging and dull due to its complex and abstract subtopics. To make learning the PTE more engaging and effective, a more active teaching approach is needed, moving away from conventional passive methods. Therefore, integrating game-based learning (GBL) as an interactive and dynamic method is the optimal choice. Previous studies have demonstrated that GBL is an effective approach for comprehending the PTE in a meaningful way. In response to the demands of industry 4.0, several countries worldwide have embraced the Integrated STEM approach. This approach exposes students to the importance of acquiring interdisciplinary knowledge that can be applied to real-world problems. Consequently, this article explores the integration of the Integrated STEM approach with game-based learning to facilitate the understanding of the periodic table of elements. Both approaches have been widely acknowledged in literature as providing significant learning experiences for students.

Keywords: Integrated STEM, Game Based Learning, Periodic Table of Elements, Chemistry

PENGENALAN

Kimia merupakan salah satu bidang ilmu sains yang mengkaji tentang struktur, sifat, komposisi dan interaksi antara jirim (KPM, 2018). Pembelajaran kimia bukan sahaja terhad kepada bahan kimia yang terdapat di dalam makmal sekolah tetapi juga termasuk segala bahan yang wujud di sekeliling kita termasuk garam, minyak masak, ubat dan lain-lain lagi. Subjek kimia diperkenalkan kepada pelajar Tingkatan 4 dan 5 di sekolah menengah sebagai subjek elektif. Kurikulum kimia menggabungkan pelbagai konsep yang abstrak, dimana konsep ini amat penting dalam pembelajaran yang melibatkan bidang kimia dan sains yang lain (Dani Asmadi Ibrahim et al., 2015).

Topik jadual berkala unsur (JBU) adalah salah satu topik asas yang diperkenalkan dalam silibus kimia tingkatan empat. Dapatan kajian yang lepas mendapati topik jadual berkala unsur adalah antara topik asas yang penting dan perlu dikuasai untuk memahami kimia (Franco-Mariscal et al., 2016; Martí-Centelles & Rubio-Magnieto, 2014). Topik Jadual Berkala Unsur mengandungi pengetahuan asas dan konsep kimia yang penting seperti unsur, susunan kumpulan, kala, sifat fizik dan kimia unsur. Topik ini mempunyai kesinambungan dan hubungkait dengan topik-topik kimia yang lain seperti ikatan kimia, asid bes dan garam, elektrokimia dan lain-lain lagi (Piyawattanaviroj et al., 2019; Watson et al., 2021).

Kimia adalah salah satu elemen yang ada di dalam bidang sains. Sains adalah salah satu bahagian yang membina STEM. Oleh itu, adalah penting untuk menerapkan pendidikan STEM ke dalam pendidikan kimia kerana telah terbukti daripada kajian terdahulu ianya memberi manfaat kepada pelajar (Hidayatulloh et al., 2020; Muhammad Abd Hadi, 2017; Salbiah Mohamad Hasim et al., 2022). Pendekatan pendidikan STEM adalah usaha untuk mengintegrasikan bidang Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik serta dapat membangunkan potensi murid untuk mencapai penguasaan kemahiran abad ke-21 (Unit Pelaksanaan dan Prestasi Pendidikan, 2013). Pendidikan STEM adalah perlu untuk pelajar memahami dan menguasai konsep-konsep sains di samping dapat mengintegrasikan dan menyelesaikan masalah berkaitan dunia sebenar (Adam & Halim, 2019). Topik Jadual Berkala Unsur adalah topik kimia yang sesuai diterapkan dengan pendekatan STEM. Ini kerana topik ini mengandungi kandungan berkaitan unsur- unsur yang mana segala bahan-bahan tersebut ada di sekitar dan berkait langsung dengan aktiviti kehidupan manusia. Maka, bilamana topik ini dapat dipelajari dengan cara pembelajaran merentas disiplin maka pelajar akan mengalami pembelajaran yang lebih bermakna (Noor Haslina Daman Huri & Mageswary, 2019).

Pendekatan transdisiplin melibatkan pengintegrasian dua atau lebih disiplin dan diaplikasikan secara holistik untuk menyelesaikan masalah dunia sebenar adalah suatu pendekatan STEM yang sesuai untuk topik JBU. Sebagai contoh, topik Jadual berkala unsur mengandungi kandungan tentang sifat unsur bahan kimia yang mana ianya boleh diintegrasikan dengan bidang fizik berkaitan unsur dan juga dalam disiplin kejuruteraan serta boleh turut diintegrasikan lagi dengan pelbagai disiplin serta disepadukan untuk dikaitkan dengan masalah dunia sebenar seperti menghasilkan suatu model atau produk yang dapat menghasilkan tenaga bersih dan diperbaharui, menghalang peningkatan suhu global, bencana alam dan lain-lain. Dengan pendekatan pendidikan STEM bersepadu yang mengintegrasikan transdisiplin, ianya akan dapat memotivasikan pelajar untuk mempelajari mata pelajaran sains khususnya subjek kimia dengan lebih mendalam (Kong & Mohd Matore, 2020; Denis et al., 2020; Nadelson & Seifert, 2017).

Kaedah pembelajaran berasaskan permainan adalah salah satu pendekatan yang sesuai untuk meningkatkan lagi tahap penglibatan pelajar melalui pendidikan STEM bersepadu (Kong & Mohd Matore, 2020; Wong & Kamisah Osman, 2018). Pembelajaran berasaskan permainan atau dalam bahasa inggerisnya 'Game based Learning'(GBL) membolehkan pelajar mempelajari konsep asas sains seperti jadual berkala unsur disamping menerapkan beberapa disiplin seperti matematik, teknologi dan kejuruteraan (Dani Asmadi Ibrahim et al., 2015; Denis et al., 2020). GBL telah terbukti dapat meningkatkan keterlibatan pelajar dalam pembelajaran (Chen et al., 2021). GBL membolehkan pelajar mempelajari subjek kimia dengan rasa seronok, dan ini akan memotivasikan mereka untuk belajar dengan lebih mendalam dalam subjek kimia (Martí-Centelles & Rubio-Magnieto, 2014; Mayer, 2019).

LATAR BELAKANG KAJIAN

Jika kita masuk ke dalam makmal di sekolah mahupun di universiti, sudah pasti poster jadual Berkala Unsur (JBU) tidak terlepas dari pandangan mata kita. Jadual berkala unsur adalah topik asas yang sangat penting bukan sahaja bagi subjek kimia tetapi kepada keseluruhan bidang sains. Sumbangan saintis seawal kurun ke -18 seperti Antoine Lavoisier terhadap pembinaan Jadual Berkala Unsur telah menjadi titik tolak kepada perkembangan pesat JBU yang lebih lengkap dan sempurna sehingga kini. Ciri utama jadual ini ialah ia mewakili 118 unsur kimia yang telah dikenalpasti ada di bumi bersama dengan perubahan pola sifat fizik dan kimianya. Memahami konsep susunan JBU dan hubungan pola persamaan dan perubahan pada setiap kumpulan dan kala adalah perkara asas yang penting untuk pelajar mempelajari kimia dengan lebih bermakna (Franco-Mariscal et al., 2016; Watson et al., 2021).

Di dalam silibus kimia KSSM Tingkatan 4 yang terkini, Jadual berkala unsur mengandungi beberapa sub topik. Sub topik yang utama dan awal diperkenalkan adalah berkaitan dengan kumpulan, kala 3 dan logam unsur peralihan. Kumpulan yang diperkenalkan dalam topik JBU adalah kumpulan 18, kumpulan 1 dan kumpulan 17. Kumpulan-kumpulan ini akan diperkenalkan dengan sifat fizik dan sifat kimia masing masing.

Kajian lepas memperakui kepentingan untuk memahami topik JBU supaya pembelajaran kimia akan lebih bermakna. Ini kerana topik JBU adalah topik asas yang sangat penting dan jika pelajar tidak menguasainya, ia akan memberi kesan kepada pemahaman kepada topik-topik kimia yang selanjutnya seperti ikatan kimia, elektrokimia, garam dan lain- lain (Franco-Mariscal et al., 2016; Watson et al., 2021). Topik ini mempunyai banyak sub-sub topik dan agak abstrak. Kegagalan murid untuk menguasai topik ini menyebabkan murid sukar untuk memahami keseluruhan bidang kimia (Álvarez-Herrero & Valls-Bautista, 2021; Dani Asmadi Ibrahim et al., 2015; Stojanovska, 2021). Namun kajian literatur menunjukkan banyak kajian lebih tertumpu kepada isu sejarah dan epistemologi dengan hanya sedikit kajian terhadap kesukaran yang dihadapi oleh pelajar untuk memahami topik JBU (Franco-Mariscal et al., 2016).

Menurut Johnstone (1993), kimia terdiri daripada tiga elemen iaitu makroskopik, mikroskopik dan simbol. Pemahaman topik jadual berkala unsur turut merangkumi tiga elemen ini. Peringkat makroskopik merupakan fenomena ataupun aktiviti kimia yang dapat diperhatikan dari segi perubahan fizikal seperti pemerhatian ke atas tindakbalas logam kumpulan 1 dengan air. Peringkat mikroskopik pula melibatkan konsep, teori dan prinsip yang abstrak serta memerlukan penerangan berdasarkan pemerhatian seperti pemahaman mengapa kadar tindak balas kumpulan satu dengan air meningkat apabila menuruni kumpulan 1. Manakala peringkat simbol melibatkan formula dan pengiraan matematik seperti menulis persamaan kimia antara tindakbalas logam kumpulan satu dengan air (Hatimah & Khery, 2021). Tiga aras elemen ini saling berhubung antara satu sama lain. Kesukaran untuk menghubungkan ketiga-tiga aras elemen kimia ini akan menyebabkan timbulnya beban kognitif dan miskonsepsi kepada pelajar dalam mempelajari ilmu kimia.

Walaupun Topik Jadual Berkala Unsur merupakan suatu topik asas yang sangat penting, pelajar dan guru menganggapnya sebagai satu topik yang abstrak, sukar untuk dipelajari dan juga sukar untuk lari dari kaedah pengajaran yang berfokuskan guru. Sub topik yang penting dalam JBU seperti kumpulan 18, kumpulan 1 dan kumpulan 17 perlu difahami dengan baik untuk memahami JBU. Dalam silibus KSSM, tiga kumpulan ini merangkumi kandungan yang dominan dalam JBU dan penting selain daripada unsur kala 3 dan unsur peralihan (KPM, 2018). Pelajar perlu menghafal unsur-unsur, sifat fizik, sifat kimia dan pelbagai konsep kimia dalam kumpulan-kumpulan ini (Plungsombat et al., 2017). Walaubagaimanapun, untuk menghafal dan memahami

menggunakan kaedah konvensional memerlukan masa yang lama dan motivasi yang tinggi kerana sebahagian pelajar menganggap ianya membosankan (Álvarez-Herrero & Valls-Bautista, 2021; Kamisah Osman & Ah-Nam, 2020; Stojanovska & Velevska, 2018). Pemahaman pelajar terhadap sifat fizik dan kimia kumpulan-kumpulan ini adalah sangat penting kerana ianya perkara asas di dalam JBU dan mempunyai kesinambungan kepada topik- topik penting kimia yang lain (Piyawattanaviroj et al., 2019; Watson et al., 2021).

Kajian di Sepanyol menunjukkan bahawa pemahaman pelajar sekolah menengah (16-18 tahun) berkenaan konsep unsur-unsur kimia dan pengkelasannya dalam JBU adalah lemah. Kajian oleh Franco-Mariscal et al. (2016) menyatakan terdapat 7 kategori masalah pembelajaran yang biasa di hadapi oleh pelajar terhadap topik JBU:

- (1) Lebih fokus kepada menghafal daripada memahaminya
- (2) Kesalahfahaman terhadap kandungan dan fakta
- (3) Kesalahfahaman ciri- ciri yang digunakan untuk kriteria pengkelasan
- (4) Tanggapan terhadap pola sifat fizik dan kimia serta persepsi terhadap kegunaannya
- (5) Konsep semulajadi yang kompleks berkaitan JBU
- (6) Konsep asas pengetahuan JBU yang melibatkan penjelasan
- (7) Kekurangan dalam proses metodologi pembelajaran dan pengajaran

Talanquer (2010) menyatakan pelajar keliru dengan perkaitan unsur dalam kumpulan yang sama mempunyai saiz atom yang berbeza.

Dapatan kajian lepas menyatakan bahawa pelajar menganggap subjek kimia khususnya topik jadual berkala unsur adalah sukar untuk dipelajari (Chen et al., 2021; Dani Asmadi Ibrahim et al., 2015). Kurangnya pemahaman dalam topik JBU adalah berkait rapat dengan strategi pembelajaran dan pengajaran yang digunakan oleh guru. Kajian menunjukkan bahawa teknik syarahan telah digunakan secara dominan di dalam pembelajaran dan pemudahcaraan(PdPc) (Esther Rani & Muhd Ibrahim Muhamad Damanhuri, 2021). Melalui teknik syarahan, pelajar sebenarnya hanya mampu memberikan tumpuan di dalam kelas selama 10- 15 minit sahaja (Piyawattanaviroj et al., 2019). Teknik syarahan secara praktiknya melibatkan pihak guru untuk memindahkan fakta- fakta sains berkaitan JBU dan pelajar pula perlu menghafal dan membuat latih-tubi tanpa memahami konsep kimia yang sebenar (Weng et al., 2018). Amalan seperti ini akan menyebabkan pelajar mengalami bebanan kognitif yang tinggi (Kong & Mohd Matore, 2020). Kaedah sebegini tidak mendorong pelajar untuk meneroka dan mencipta kefahaman mereka sendiri tentang fenomena yang di kaji (Nur Zaitul Akmar Mohamad et al., 2022). Walaupun terdapat pembelajaran dan pemudahcaraan(PdPc) guru yang mengintegrasikan teknologi, seperti penggunaan powerpoint, video dan lain- lain, namun kebanyakannya kurang mengandungi elemen interaktif yang melibatkan penglibatan pelajar secara aktif (Taub et al., 2018). Dengan permasalahan ini, sebarang kaedah pengajaran mesti berfokus kepada mencapai darjah penglibatan pelajar dan komitmen pelajar untuk belajar (Franco-Mariscal & Oliva-Martínez, 2012; Ogembo et al., 2015).

Pembelajaran Berasaskan Permainan

Dengan permasalahan pembelajaran yang dibincangkan bagi topik JBU dari segi penghafalan, kefahaman dan motivasi pelajar, maka beberapa sarjana telah menyatakan bahawa kaedah pembelajaran berasaskan permainan adalah kaedah yang paling sesuai untuk pembelajaran topik Jadual Berkala Unsur dengan lebih bermakna (Franco-Mariscal et al., 2015; Franco-Mariscal et al., 2016; Martí-Centelles & Rubio-Magnieto, 2014; Montejo Bernardo & Fernández González, 2021; Tsai et al., 2020).

Satu kajian telah dijalankan di Sepanyol dengan memberikan kebebasan mutlak kepada 260 pelajar sekolah menengah untuk memilih kaedah dan bahan pengajaran yang sesuai untuk mereka mempelajari topik Jadual Berkala Unsur. Hasil kajian tersebut, 195 daripada mereka telah memilih kaedah permainan berasaskan pembelajaran (GBL) berbanding dengan kaedah-kaedah pembelajaran yang lain untuk mempelajari topik Jadual Berkala Unsur (Álvarez-Herrero & Valls-Bautista, 2021). Setelah diketahui bahawa pelajar menganggap topik JBU adalah mencabar dan tidak menarik, maka sangatlah penting untuk mengetahui bagaimana kaedah pengajaran yang sesuai untuk pelajar belajar topik JBU mengikut pilihan pelajar itu sendiri. Ini penting untuk mencapai objektif pembelajaran topik itu sendiri. Dalam lain perkataan, jika murid itu sendiri diberi pilihan untuk menggunakan kaedah yang mereka sendiri suka, maka mereka akan lebih melibatkan diri dalam tugas-tugas (Ryan & Deci, 2000). Kesannya mereka akan lebih mudah untuk memahami dari konsep asas berkaitan topik JBU seperti kaitan simbol dengan unsur kimia, ahli unsur dalam kumpulan dan kepada yang lebih kompleks seperti kereaktifan unsur (Álvarez-Herrero & Valls-Bautista, 2021).

Pembelajaran berasaskan permainan (GBL) mempunyai takrifan yang pelbagai. Umumnya pembelajaran berasaskan permainan boleh dibahagikan kepada dua, iaitu permainan digital dan bukan digital (Weng et al., 2018). Sung dan Hwang (2013) mendefinisikan GBL sebagai satu persekitaran pembelajaran yang mengintegrasikan permainan dan kandungan pembelajaran serta memudahkan para pelajar untuk bekerjasama antara satu sama lain dalam menyusun ilmu yang telah dipelajari semasa proses pembelajaran. Menurut Rayner dan Tan (2020), pembelajaran berasaskan permainan digital pula adalah suatu integrasi permainan digital dalam pembelajaran dan pemudahcaraan (PdPc) yang bertujuan untuk meningkatkan pengalaman pembelajaran beserta wujudnya cabaran yang akan menggalakkan murid untuk terlibat secara aktif dalam pembelajaran. GBL menyediakan satu persekitaran pembelajaran yang mengintegrasikan permainan dan memudahkan pelajar berkolaborasi antara satu sama lain dan menyusun ilmu yang dipelajari semasa proses pembelajaran (Tsai et al., 2020; Zhang et al., 2021). Pembelajaran berasaskan permainan (GBL) boleh didefinisikan sebagai suatu suasana pembelajaran yang kondusif dan menarik untuk menggalakkan penglibatan pelajar secara aktif dalam pembelajaran yang mengintegrasikan permainan dan seterusnya memotivasikan pelajar untuk mendalami ilmu pengetahuan dengan lebih bermakna.

Kajian lepas membuktikan bahawa permainan pembelajaran dapat menyediakan platform yang menarik untuk membina struktur minda pelajar (Boonpotjanawetchakit et al., 2020; Wong & Kamisah Osman, 2018), untuk membina beberapa bentuk kelebihan yang berkait dengan perhatian, ingatan, kreativiti dan imaginasi (Chen et al., 2021; Franco-Mariscal et al., 2016; Stojanovska & Velevska, 2018), memberi tanggapan positif tentang subjek kimia dan juga meningkatkan kefahaman (Kong Suik Fern & Mohd Effendi @ Ewan Mohd Matore, 2020). GBL juga telah terbukti dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan pelajar dalam pembelajaran (Chen et al., 2021). GBL membolehkan pelajar mempelajari subjek kimia dengan rasa seronok, ini akan memotivasikan mereka untuk belajar dengan lebih mendalam dalam subjek kimia (Martí-Centelles & Rubio-Magnieto, 2014; Mayer, 2019). GBL yang memperkenalkan pembelajaran secara aktif dan berfokuskan pelajar akan melibatkan banyak kolaborasi, perbincangan dan persaingan secara positif dalam permainan. Ini akan merangsang minat dan motivasi pelajar (Jia et al., 2017). Komponen permainan dan hiburan yang ada di dalam GBL akan merangsang motivasi pelajar untuk terlibat dalam permainan dan bertindak sesuai dengan masalah atau keputusan yang terlibat dalam konteks permainan GBL (Chen et al., 2021). Secara khususnya, GBL adalah alat yang ampuh untuk memotivasikan pelajar untuk mempelajari sains dan kimia (Álvarez-Herrero & Valls-Bautista, 2021; Franco-Mariscal et al., 2015; Kamisah Osman & Ah-Nam, 2020; Stojanovska, 2021).

Franco-Mariscal et al. (2016) mendefinisikan suatu aras kualiti dan keperluan yang perlu dicapai supaya permainan yang dibina bermanfaat dalam perkembangan proses pengajaran dan pembelajaran iaitu:

- 1- Permainan mesti dapat meningkatkan keterlibatan pelajar dalam proses pengajaran dan meningkatkan motivasi seterusnya pelajar dapat membina sendiri aktiviti kognitif selaras dengan konsep pembelajaran aktif.
- 2- Permainan perlu secara tidak langsung meningkatkan keberkesanan proses pembelajaran yang mana peningkatan aktiviti reflektif dapat dilakukan oleh guru.
- 3- Permainan perlu dijalankan dalam keadaan aturan yang tersusun di samping mencapai matlamat pendidikan dan kemahiran- kemahiran yang diperlukan.

Sudah diakui topik JBU adalah antara topik asas kimia yang penting dikuasai untuk memahami kimia dengan lebih mendalam (Franco-Mariscal et al., 2016; Watson et al., 2021). Walaubagaimanapun topik JBU mempunyai banyak subtopik yang abstrak dan sukar. Maka suatu pendekatan pengajaran yang aktif dengan memperkenalkan GBL adalah suatu langkah yang tepat (Franco-Mariscal et al., 2016; Montejo Bernardo & Fernández González, 2021; Tsai et al., 2020). Di samping itu juga pendekatan STEM bersepadu turut diintegrasikan dengan konsep GBL. Maka dengan mengintegrasikan dua pendekatan ini, ianya dapat memberikan kesan pembelajaran yang optimum serta selari dengan kehendak pasaran untuk mendepani cabaran revolusi industri 4.0 (Aprea & Ifenthaler, 2021; Kim & Bastani, 2017).

Permainan Papan (Boardgame)

Permainan boleh dikategorikan kepada dua iaitu permainan digital dan permainan bukan digital (analog) seperti *party games*, *board games*, *quiz games*, *role-play games*, dan *video games* (Meekaew & Yasri, 2020; Tan, 2018; Ah-Nam & Kamisah Osman, 2018).

Permainan papan (board games) telah digunakan dan dikaji untuk pembelajaran dalam pelbagai konteks termasuk bidang perubatan, matematik dan lain-lain lagi (Castronova & Knowles, 2015). Kelebihan utama permainan papan adalah pelajar dapat berinteraksi secara bersemuka dengan rakan berbanding dengan permainan yang melibatkan penggunaan komputer (Pulsipher, 2012). Permainan papan merupakan permainan yang biasanya dimainkan di atas meja atau di atas permukaan yang rata. Permainan papan adalah antara salah satu jenis permainan yang dikategorikan sebagai *table top games* (Bayir, 2014). Permainan papan umumnya mengandungi dadu, bidak, kad, ganjaran (token) dan lain-lain.

Permainan papan komersial (bukan pendidikan dan pendidikan) yang berbentuk permainan analog bukan digital telah semakin mendapat pasaran saban tahun. NPD Group Tracker iaitu sebuah syarikat berkaitan kajian pasaran daripada Amerika menyatakan pasaran permainan papan komersial telah meningkat 9% pada 2014, 12% pada 2015 dan lebih 9% daripada 2017-2023 dan mencecah nilai pasaran RM12 billion (Sousa & Bernardo, 2019). Nilai pasaran ini menunjukkan terdapat minat terhadap permainan papan analog meskipun terdapat trend pendigitalan masakini. Sesungguhnya permainan analog (kad dan permainan papan) mempunyai kelebihan sepertimana permainan digital sebagai teknologi pendidikan yang berkesan (Greenhalgh et al., 2019). Bukan sahaja permainan analog mempunyai kesamaan dan kualiti keberkesanan seperti permainan digital, tetapi ianya mempunyai kelebihan yang tidak terdapat pada permainan digital seperti fleksibiliti dan lebih terbuka (Greenhalgh et al., 2019). Di atas potensi ini, pendidik dalam pelbagai bidang telah menggunakan permainan analog sebagai sumber pendidikan (Greenhalgh et al., 2019). Bahkan terdapat beberapa kajian yang dijalankan mendapati permainan papan dapat membantu meningkatkan pemahaman pelajar bagi menguasai konsep yang abstrak dalam topik Sains

(Butsarakam & Yasri, 2019; Cavalho et al., 2018; Meekaew & Yasri, 2020). Pendekatan permainan pembelajaran dengan mengaplikasikan permainan papan dapat menghasilkan kaedah pembelajaran yang lebih efektif dan berkesan (Meekaew & Yasri, 2020).

STEM Bersepadu

Dengan ledakan industri 4.0 yang sedang melanda dunia hari ini, pendekatan STEM telah menjadi fenomena di seluruh dunia sebagai satu wadah untuk menyediakan pelajar bagi menghadapi era industri 4.0 (Nur Amelia Adam & Lilia Halim, 2019; Shariza, 2020). Singkatan STEM merujuk kepada Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik dan mula diterapkan ke dalam sistem pendidikan di kebanyakan negara di dunia (Takeuchi et al., 2020).

Pendekatan STEM mampu menyediakan pelajar untuk menghadapi bidang pekerjaan trans disiplin yang sebahagian kerjaya ini masih belum lagi wujud sekarang. Pekerjaan dalam era ini menjurus ke arah penggunaan teknologi, robot dan sistem secara maya dengan lebih meluas. Selain itu pendekatan STEM dapat menyediakan pelajar untuk menghadapi cabaran masalah dunia sebenar seperti perubahan cuaca, tenaga dan masalah kesihatan yang kompleks (Noor Haslina Daman Huri & Mageswary, 2019; Nian & Rashid, 2022).

Kementerian Pendidikan Malaysia (2013) telah mengumumkan pengenalan dokumen Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM) 2013-2025. Buat pertama kalinya, istilah STEM digunakan secara rasmi di dalam dokumen ini. Nur Amelia Adam dan Lilia Halim (2019) menyatakan antara inisiatif pelan ini adalah menyediakan hala tuju untuk mengukuhkan pendidikan STEM di Malaysia melalui tiga fasa gelombang. Gelombang 1 (2013-2015) adalah khusus untuk membina momentum dan asas. Gelombang 2 (2016-2020) memfokuskan kepada kepastan sistem manakala gelombang 3 (2021-2025) lebih kepada keanjalan operasi. Dalam tidak sedar pengimplementasi pendekatan STEM di Malaysia sudah memasuki gelombang 3 (2021-2025).

Pendidikan STEM bersepadu telah muncul menjadi topik utama yang dibahas dalam pendidikan dewasa ini (Noor Haslina Daman Huri & Mageswary, 2019; Mageswary et al., 2022; Kelley et al., 2021; Roehrig et al., 2021). Pendidikan STEM bersepadu merupakan suatu evolusi kepada dunia pendidikan STEM yang mana sebelum ini ianya lebih memfokuskan kepada penambahbaikan mutu sains dan matematik dalam disiplin yang terasing (Kelley & Knowles, 2016). Bryan et al. (2016) mendefinisikan STEM bersepadu sebagai pengajaran dan pembelajaran isi kandungan serta amalan bidang ilmu yang memasukkan unsur sains dan matematik dengan pengintegrasian amalan kejuruteraan dan rekabentuk kejuruteraan melalui teknologi yang berkenaan. Para penyelidik STEM memberikan definisi yang pelbagai tentang STEM bersepadu, namun definisi-definisi itu tidaklah lari daripada konsep dasar STEM itu sendiri. Secara umumnya, para sarjana menyatakan bahawa pendidikan STEM bersepadu adalah gabungan komponen-komponen STEM yang berkaitan dengan realiti kehidupan sebenar (Arni Yuzie Mohd Arshad et al., 2021; Denis et al., 2020). Maka konsep permainan yang merentas disiplin yang merangkumi elemen STEM perlu ada di dalam suatu GBL untuk mencapai objektif pembelajaran yang berkesan.

Menurut kajian lepas, Pendidikan STEM bersepadu (integrated) memberi manfaat kepada pelbagai pihak. Dari sudut pelajar, guru, kualiti kehidupan dan ekonomi. Dari segi pelajar, aktiviti sains yang melibatkan STEM bersepadu dapat meningkatkan kefahaman dan mampu mengaitkan pengetahuan kimia dengan masalah dunia sebenar (Noor Haslina Daman Huri & Mageswary, 2019). Shahril (2018) juga menyatakan pendidikan STEM bersepadu memberi impak positif kepada persiapan pengajaran guru. Mengikut Kasza dan Slater (2017), STEM boleh meningkatkan imaginasi, kemahiran '*hands on*', kemahiran merekacipta, kemahiran kejuruteraan dan kemahiran

berfikir aras tinggi kepada guru. Selain itu pengintegrasian pendidikan STEM dapat memacu pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan taraf kualiti kehidupan menerusi bidang pekerjaan melibatkan STEM (Kelley et al., 2021; Norhaqikah Mohamad Khalil & Kamisah Osman, 2017; Thuy et al., 2020).

Pendekatan GBL adalah metodologi yang komprehensif untuk menerapkan pendekatan transdisiplin bagi merealisasikan pengajaran topik JBU dengan konsep STEM bersepadu. Transdisiplin adalah kaedah yang holistik, ini kerana pembelajaran yang merentas sempadan antara disiplin dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah dunia yang sebenar yang bakal pelajar hadapi kelak (Aprea & Ifenthaler, 2021; Kim & Bastani, 2017). Ini untuk menonjolkan potensi pendekatan gabungan daripada cara konvensional yang terasing. Pengajaran dan pembelajaran topik JBU boleh diterapkan dengan amalan STEM bersepadu berasaskan transdisiplin melalui kaedah pembelajaran berasaskan permainan bagi memberikan pelajar suatu pengalaman pembelajaran yang lebih bermakna.

Untuk menerapkan konsep STEM bersepadu didalam pedagogi pembelajaran berasaskan permainan (GBL), Moore et al. (2021) mencadangkan rangka kerja untuk menjalankan STEM bersepadu di dalam kelas, "Framework for STEM Integration in the Classroom" dengan mengenengahkan tujuh perkara sebagai panduan. Rangka kerja ini adalah penambahbaikan kepada rangka kerja yang beliau telah hasilkan pada tahun 2016. Pembinaan rangka kerja ini adalah sebagai panduan untuk pelaksanaan STEM bersepadu:

1. Untuk menggalakkan pelajar untuk terlibat di dalam pembelajaran bermakna dan menyediakan akses kepada kandungan, suasana pembelajaran STEM bersepadu mestilah mengandungi elemen motivasi dan menarik.
2. Untuk membina kebolehan menyelesaikan masalah, kreativiti dan kemahiran berfikir aras tinggi, pendidikan STEM bersepadu harus menerapkan cabaran reka bentuk kejuruteraan.
3. STEM bersepadu harus memberi peluang kepada pelajar untuk belajar dari kegagalan dan merekabentuk semula berdasarkan kepada apa yang telah dipelajari.
4. Untuk menjadikan pembelajaran lebih bermakna dan berbaloi dengan masa, ia harus melibatkan projek dan pembelajaran berasaskan masalah, pendidikan STEM bersepadu harus melibatkan asas matematik dan/atau objektif sains di dalam aktiviti pembelajaran.
5. Untuk menyediakan kepada pelajar peluang untuk belajar kandungan standard secara lebih mendalam.
6. Suasana pembelajaran STEM bersepadu harus menekankan kerja berpasukan dan kebolehan berkomunikasi kerana ianya sangat penting untuk berhadapan dengan tenaga kerja abad-21.
7. Suasana pembelajaran STEM bersepadu tidak harus diasingkan kepada komponen yang berbeza, tetapi harus di sepadukan daripada pelbagai unit melalui satu unit. Ini boleh dilaksanakan melalui rekabentuk kejuruteraan.

Kerangka konsep STEM bersepadu Moore et al. (2021) ini boleh diimplementasikan ke dalam konsep permainan Franco-Mariscal et al. (2016) yang menerangkan perkara yang perlu ada untuk sesuatu permainan pembelajaran itu memberi impak yang berkesan. Sebagai contoh, Menurut Moore et al. (2021), elemen pertama adalah kesan suasana pembelajaran STEM bersepadu mestilah mengandungi elemen motivasi dan menarik untuk pelajar terlibat dalam pembelajaran yang bermakna. Perkara ini selari dengan Franco-Mariscal et al. (2016) yang mana permainan pembelajaran mesti dapat meningkatkan keterlibatan pelajar dalam proses pengajaran dan seterusnya pelajar dapat membina sendiri aktiviti kognitif selaras dengan konsep pembelajaran aktif. Perkara kedua menyatakan bahawa pendidikan STEM bersepadu harus menerapkan cabaran

reka bentuk kejuruteraan dan pemikiran kejuruteraan. Maka permainan pembelajaran yang mengandungi tugas berbentuk pemikiran kejuruteraan dapat memberikan pembelajaran yang lebih holistik. Pendekatan ini amat sesuai dengan kandungan topik jadual berkala unsur merangkumi pengetahuan tentang unsur-unsur bahan kimia yang jika diadun dengan konsep pembelajaran berasaskan permainan (GBL) dan diterapkan falsafah STEM bersepadu dapat mempromosikan suatu pembelajaran aktif dan interaktif yang dapat merentas disiplin serta mengaitkannya dengan masalah dunia sebenar.

KESIMPULAN

Kajian berkaitan pemahaman topik jadual berkala unsur ini sangat penting kerana topik JBU adalah satu topik asas yang penting untuk memahami kimia dan sains secara umum (Watson et al., 2021). Meskipun daripada kajian di dalam negara menunjukkan topik garam dan elektrokimia adalah topik yang paling sukar bagi pelajar, namun dengan pelajar dapat memahami topik JBU, ianya secara langsung dapat membantu pelajar memahami topik lain yang lebih sukar dengan lebih berkesan (Martí-Centelles & Rubio-Magnieto, 2014; Watson et al., 2021).

Kajian terhadap pengajaran topik JBU menggunakan pendekatan pembelajaran berasaskan permainan(GBL) adalah sangat penting kerana daripada dapatan kajian lepas menunjukkan bahawa subjek kimia khususnya topik JBU adalah suatu topik yang abstrak dan sukar (Franco-Mariscal et al., 2016). Ini menyebabkan pelajar kurang minat untuk mengambil aliran sains dan subjek kimia secara khusus. Hal ini merupakan suatu kerugian besar kepada negara yang memerlukan ramai tenaga kerja profesional daripada aliran sains untuk membangunkan negara. Bidang-bidang seperti farmaseutikal, kesihatan, petrokimia dan tenaga adalah bidang yang sangat penting dan kritikal bagi pembangunan negara. Maka dengan memperkenalkan GBL dalam pengajaran topik JBU akan memberikan pengalaman baru kepada pelajar untuk mempelajari topik ini dengan lebih aktif dan menarik. Daripada kajian lepas telah dibuktikan bahawa GBL dapat meningkatkan motivasi, minat, keterlibatan dan kefahaman pelajar (Chen et al., 2021; Franco-Mariscal, Oliva-Martínez, Blanco-López, et al., 2016; Stojanovska & Velevska, 2018). Tambahan pula permainan pembelajaran yang menarik berasaskan pengetahuan sains khususnya kimia adalah kurang di dalam negara. Kajian lepas menunjukkan permainan boardgame adalah salah satu jenis permainan yang sesuai diaplikasikan untuk pengajaran topik Jadual Berkala Unsur (Montejo Bernardo & Fernández González, 2021; Triboni & Weber, 2018).

Pendekatan GBL yang diintegrasikan dengan STEM bersepadu adalah satu pendekatan yang dapat menarik minat dan mendedahkan pelajar dengan masalah dunia sebenar dan kerjaya berasaskan STEM serta sekaligus dapat memotivasikan pelajar untuk mempelajari kimia dengan cara yang lebih menarik dan aktif (Hardy et al., 2021; Noor Haslina Daman Huri & Mageswary, 2019). Penerapan pendekatan STEM bersepadu di dalam kurikulum pendidikan sudah mula menjadi amalan banyak negara di seluruh dunia untuk berhadapan dengan revolusi industri 4.0 (Nadelson & Seifert, 2017). Ini kerana kebanyakan pekerjaan akan datang melibatkan pelbagai disiplin dan ke arah penggunaan teknologi, robot dan sistem secara maya dengan lebih meluas. Negara kita juga tidak ketinggalan dalam penerapan STEM bersepadu di dalam kurikulum seperti yang dinyatakan dalam Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM 2013-2025). Oleh itu, seharusnya pendekatan STEM bersepadu menjadi amalan bagi guru didalam pengajaran terutamanya dalam bidang sains dan kimia secara khususnya.

RUJUKAN

- Ah-Nam, L., & Kamisah Osman. (2018). Developing 21st Century Chemistry Learning through Designing Digital Games. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 4(1), 81–92. <https://doi.org/10.21891/jeseh.387499>.
- Álvarez-Herrero, J. F., & Valls-Bautista, C. (2021). The game as a strategy of learning chemistry among high school students. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 9(3), 80–91. <https://doi.org/10.30935/scimath/10947>
- Apra, C., & Ifenthaler, D. (2021). Game-based Learning Across the Disciplines. *Advances in Game-Based Learning*, August. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-75142-5>
- Arshad, A. Y. M., Halim, L., & Nasri, N. M. (2021). A Systematic Review: Issues in Implementation of Integrated STEM Education. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(9), 1124–1133.
- Boonpotjanawetchakit, P., Kaweerat, K., & Vittayakorn, S. (2020). Elemem: Interactive digital card game for chemistry. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, 2020-April, 344–348. <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125339>
- Chen, S. Y., Tsai, J. C., Liu, S. Y., & Chang, C. Y. (2021). The effect of a scientific board game on improving creative problem solving skills. *Thinking Skills and Creativity*, 41(June), 100921. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100921>
- Dani Asmadi, I., Azraai, O., & Othman, T. (2015). Pandangan Pelajar Dan Guru Terhadap Tahap Kesukaran Tajuk-Tajuk Kimia. *Jurnal Kepimpinan Pendidikan*, 2(4), 32–46. <http://e-journal.um.edu.my/public/article-view.php?id=8281>
- Doraiseriyana, E. R., & Muhamad Damanhuri, M. I. (2021). Tinjauan keperluan terhadap Pembinaan Permainan dalam Pembelajaran tajuk Garam bagi pelajar Tingkatan 4. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematik Malaysia*, 11, 21–28. <https://ejournal.upsi.edu.my/index.php/JPSMM/article/view/4730>
- Franco-Mariscal, A. J., Oliva-Martínez, J. M., & Almoraima Gil, M. L. (2015). Students' perceptions about the use of educational games as a tool for teaching the periodic table of elements at the high school level. *Journal of Chemical Education*, 92(2), 278–285. <https://doi.org/10.1021/ed4003578>
- Franco-Mariscal, A. J., Oliva-Martínez, J. M., & Almoraima Gil, M. L. (2016). Understanding the Idea of Chemical Elements and Their Periodic Classification in Spanish Students Aged 16–18 Years. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(5), 885–906. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9614-1>
- Franco-Mariscal, A. J., Oliva-Martínez, J. M., Blanco-López, Á., & España-Ramos, E. (2016). A game-based approach to learning the idea of chemical elements and their periodic classification. *Journal of Chemical Education*, 93(7), 1173–1190. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00846>
- Greenhalgh, S., Koehler, M., & Boltz, L. O. (2019). The Fun of Its Parts: Design and Player Reception of Educational Board Games. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education (CITE Journal)*, 19(3), 469–497.
- Hardy, J. G., Sdepanian, S., Stowell, A. F., Aljohani, A. D., Allen, M. J., Anwar, A., Barton, D., Baum, J. V., Bird, D., Blaney, A., Brewster, L., Cheneler, D., Efremova, O., Entwistle, M., Esfahani, R. N., Firlak, M., Foito, A., Forciniti, L., Geissler, S. A., ... Wright, K. L. (2021). Potential for Chemistry in Multidisciplinary, Interdisciplinary, and Transdisciplinary Teaching Activities in Higher Education. *Journal of Chemical Education*, 98(4), 1124–1145. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01363>
- Hatimah, H., & Khery, Y. (2021). Pemahaman Konsep dan Literasi Sains dalam Penerapan Media Pembelajaran Kimia Berbasis Android. *Jurnal Ilmiah IKIP Mataram*, 8(1). <https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/jiim/article/view/4078>

- Hidayatulloh, R., Suyono, S., & Azizah, U. (2020). Development of STEM-Based Chemistry Textbooks to Improve Students' Problem Solving Skills. *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: E-Saintika*, 4(3), 308. <https://doi.org/10.36312/e-saintika.v4i3.306>
- Huri, N. H. D., & Karpudewan, M. (2019). Evaluating the effectiveness of Integrated STEM-lab activities in improving secondary school students' understanding of electrolysis. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(3), 495–508. <https://doi.org/10.1039/c9rp00021f>
- Jia, Y., Liu, Y., Yu, X., & Volda, S. (2017). Designing leaderboards for gamification: Perceived differences based on user ranking, application domain, and personality traits. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings, 2017-May*, 1949–1960. <https://doi.org/10.1145/3025453.3025826>
- Johnstone, A. H. (1993). The Development of Chemistry Teaching. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701–705.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. In *International Journal of STEM Education (Vol. 3, Issue 1)*. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kelley, T. R., Knowles, J. G., Han, J., & Trice, A. N. (2021). Integrated STEM Models of Implementation. *Journal of STEM Education*, 22(1), 34–45.
- Kim, B., & Bastani, R. (2017). Students as game designers: Transdisciplinary approach to STEAM education. *Alberta Science Education Journal (ASEJ)*, 45(1), 45–53.
- Kong Suik Fern dan Mohd Effendi @ Ewan Mohd Matore. (2020). Pendekatan STEM dalam proses pengajaran dan pembelajaran : Sorotan Literatur Bersistematik (SLR) (STEM approaches in teaching and learning process : Systematic Literature Review (SLR)). *Pendidikan Sains & Matematik Malaysia*, 10(2), 29–42.
- Lajium, D., Seng, C. Y., Tea, J., & Peng, C. (2020). Students' Views of an Out-of-school Time STEM Programme. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 43(December), 1–14.
- Martí-Centelles, V., & Rubio-Magnieto, J. (2014). ChemMend: A card game to introduce and explore the periodic table while engaging students' interest. *Journal of Chemical Education*, 91(6), 868–871. <https://doi.org/10.1021/ed300733w>
- Mayer, R. E. (2019). Computer Games in Education. *Annual Review of Psychology*, 70(September 2018), 531–549. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102744>
- Mohamad, N. Z. A., Mohd Yusoff, N., & Kushairi, N. (2022). Pengendalian Kerja Amali dan Cabaran Pembelajaran Abad Ke-21 Dalam Mata Pelajaran Kimia. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 7(1), 161–174. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v7i1.1229>
- Montejo Bernardo, J. M., & Fernández González, A. (2021). Chemical Battleship: Discovering and Learning the Periodic Table Playing a Didactic and Strategic Board Game. *Journal of Chemical Education*, 98(3), 907–914. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00553>
- Muhammad Abd Hadi, B. (2017). Membangunkan Pendekatan Bersepadu Pendidikan STEM di Malaysia. *Research Gate*, September. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19846.06723>
- Nadelson, L. S., & Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *Journal of Educational Research*, 110(3), 221–223. <https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1289775>
- Nian, C., & Rashid, S. A. (2022). Investigating the level of generic skills and the level of job performance among STEM teachers in Malaysia: A study to improve the quality of STEM teachers. *Journal of Positive School Psychology*, 6(1), 62–77.
- Norhaqikah Mohamad Khalil, & Kamisah Osman. (2017). STEM-21CS Module : Fostering 21st Century Skills through Integrated STEM. *K-12 STEM Education*, 3(3), 225–233.

- Nur Amelia Adam, & Lilia Halim. (2019). Cabaran pengintegrasian pendidikan STEM dalam kurikulum Malaysia. Seminar Wacana Pendidikan, September, 1–10.
- Osman, K., & Lay, A. N. (2020). MyKimDG module: an interactive platform towards development of twenty-first century skills and improvement of students' knowledge in chemistry. *Interactive Learning Environments*, 0(0), 1–14. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1729208>
- Piyawattanaviroj, P., Maleesut, T., & Yasri, P. (2019). An educational card game for enhancing students' learning of the periodic table. *ACM International Conference Proceeding Series*, 1, 380–383. <https://doi.org/10.1145/3345120.3345165>
- Plungsombat, K., Jearapan, P., Pittayanukit, T., & Wongsawang, D. (2017). Pelement: A periodic table game for elements learning. 6th ICT International Student Project Conference: Elevating Community Through ICT, ICT-ISPC 2017, 2017-Janua, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICT-ISPC.2017.8075296>
- Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ring-Whalen, E., & Wieselmann, J. R. (2021). Understanding coherence and integration in integrated STEM curriculum. *International Journal of STEM Education*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00259-8>
- Salbiah Mohamad Hasim, Rosli, R., Lilia Halim, Capraro, M. M., & Capraro, R. M. (2022). STEM Professional Development Activities and Their Impact on Teacher Knowledge and Instructional Practices. *Mathematics*, 10, 1109. <https://www.mdpi.com/2227-7390/10/7/1109>
- Shahari, S. (2020). Kerangka Pengajaran STEM-Dialogik (STEM-Di) Untuk Pensyarah Fizik Matrikulasi Bagi Konsep Kerja dan Tenaga. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 5(7), 51–58. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v5i7.446>
- Sousa, M., & Bernardo, E. (2019). Back in the game modern board games. *Communications in Computer and Information Science*, 1164 CCIS(April 2022), 72–85. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37983-4_6
- Stojanovska, M. (2021). Celebrating the International Year of Periodic Table with chemistry educational games and puzzles. *Chemistry Teacher International*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.1515/cti-2019-0012>
- Stojanovska, M., & Velevska, B. (2018). Chemistry Games in the Classroom: A Pilot Study. *Journal of Research in Science, Mathematics and Technology Education*, 1(2), 113–142. <https://doi.org/10.31756/jrsmte.121>
- Takeuchi, M. A., Sengupta, P., Shanahan, M. C., Adams, J. D., & Hachem, M. (2020). Transdisciplinarity in STEM education: a critical review. *Studies in Science Education*, 56(2), 213–253. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1755802>
- Tangkui, R. Bin, & Keong, T. C. (2020). Kesan Pembelajaran Berasaskan Permainan Digital Minecraft Terhadap Pencapaian Murid Tahun Lima dalam Pecahan. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 5(9), 98–113. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v5i9.476>
- Taub, M., Azevedo, R., Bradbury, A. E., Millar, G. C., & Lester, J. (2018). Using sequence mining to reveal the efficiency in scientific reasoning during STEM learning with a game-based learning environment. *Learning and Instruction*, 54, 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.08.005>
- Thuy, N. T. T., Bien, N. Van, & Quy, D. X. (2020). Fostering Teachers' Competence of the Integrated STEM Education. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran IPA*, 6(2), 166. <https://doi.org/10.30870/jppi.v6i2.6441>
- Triboni, E., & Weber, G. (2018). MOL: Developing a European-Style Board Game to Teach Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 95(5), 791–803. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00408>

- Tsai, J. C., Chen, S. Y., Chang, C. Y., & Liu, S. Y. (2020). Element enterprise tycoon: Playing board games to learn chemistry in daily life. *Education Sciences*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/educsci10030048>
- Unit Pelaksanaan dan Prestasi Pendidikan. (2013). *Malaysia Education Blueprint 2013 - 2025*. *Education*, 27(1), 1–268. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0742051X10001435>
- Watson, G. S., Green, D. W., & Watson, J. A. (2021). Introducing Students to the Periodic Table Using a Descriptive Approach of Superheroes, Meats, and Fruits and Nuts. *Journal of Chemical Education*, 98(2), 669–672. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01143>
- Weng, W., Smk, S., Paul, S., & Osman, K. (2018). Pembelajaran Berasaskan Permainan dalam Pendidikan Stem dan Penguasaan Kemahiran Abad Ke-21. *Politeknik & Kolej Komuniti Journal of Social Sciences and Humanities*, 3, 128–2875.
- Zhang, Z., Muktar, P., Wijaya Ong, C. I., Lam, Y., & Fung, F. M. (2021). CheMakers: Playing a Collaborative Board Game to Understand Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 98(2), 530–534. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01116>