

# Penerapan Kemahiran Proses Sains melalui Pembelajaran Sains Berasaskan Permainan Digital

## *Application of Science Process Skills through Digital Game-Based Science Learning.*

N. Faizah Ahmad<sup>1</sup>, Zanaton H. Iksan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia

### Article progress

Accepted: 26 February 2021

Reviewed: 7 April 2021

Published: 1 June 2021

\*Corresponding author:

N. Faizah Ahmad

<sup>1</sup>Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia;

Email: [izahahmad@gmail.com](mailto:izahahmad@gmail.com)

**Abstrak:** Kemahiran Proses Sains (KPS) adalah kemahiran yang penting bagi menentukan seseorang itu berliterasi sains, bukan semata-mata untuk melahirkan bakal saintis. Berdasarkan kajian-kajian lepas yang telah dijalankan, pelajar Malaysia mempunyai tahap KPS yang sederhana. Bersesuaian dengan era digital, pembelajaran berasaskan permainan digital (PBD) mempunyai potensi yang besar untuk menjadi alat pembelajaran yang berkesan dalam meningkatkan tahap kemahiran proses sains pelajar kerana ia dapat meningkatkan motivasi dan minat pelajar terhadap mata pelajaran sains. Walaupun terdapat banyak kajian yang telah dijalankan berkaitan PBD ini, namun kebanyakannya mengukur pencapaian sains pelajar dan kurang kajian dilakukan untuk mengukur tahap penguasaan KPS pelajar. Justeru, kertas konsep ini bertujuan untuk membincangkan penggunaan pendekatan Pembelajaran Berasaskan Permainan Digital dalam meningkatkan tahap KPS pelajar dan mengenalpasti KPS yang bersesuaian yang boleh diterapkan menggunakan permainan digital oleh guru sains. Kertas konsep ini dibina berdasarkan kepada tinjauan literatur beberapa artikel yang membincangkan pembelajaran berasaskan permainan digital dalam pendidikan sains serta penguasaan kemahiran proses sains. Berdasarkan dapatan analisis daripada kajian-kajian yang lepas, KPS yang sesuai diterapkan menggunakan permainan digital dalam kelas sains termasuklah membuat pemerhatian, meramal, membuat hipotesis, membuat pengelasan, mengenalpasti pembolehubah, menjalankan eksperimen, merekod data dan membuat inferens. Justeru, kertas konsep ini juga diharapkan dapat menekankan keperluan kepada pembinaan modul yang dapat membantu guru dalam menerapkan KPS menggunakan permainan digital.

**Kata kunci:** Pembelajaran berasaskan permainan digital, pendidikan sains, kemahiran proses sains, modul pembelajaran

**Abstract:** Science Process Skills (SPS) are important skills to determine a person is literate in science, not just to produce potential scientists. Based on previous studies that have been conducted, Malaysian students have a moderate level of SPS. In line with the digital era, digital game-based learning (DGBL) has great potential to be an effective learning tool in improving the level of students' science process skills because it can increase students' motivation and interest in science subjects. Although there are many studies that have been conducted related to DGBL, most of them measure the achievement of student in science and less research is done to measure the level of students' SPS mastery. Thus, this concept paper aims to discuss the use of Digital Game-Based Learning approach in improving students' SPS level and identify appropriate SPS that can be applied using digital games by science teachers. This concept paper is based on a literature review of several articles discussing digital game-based learning in science education as well as application of science process skills. Based on the findings from previous studies, appropriate SPS applied using

*digital games in science classes include making observations, predicting, hypothesizing, classifying, identifying variables, conducting experiments, recording data and making inferences. Therefore, this concept paper is also expected to emphasize the need for module construction that can help teachers in implementing SPS using digital games.*

**Keywords:** *Digital game-based learning, science education, science process skills, learning modules*

## Pengenalan

Untuk melahirkan masyarakat khususnya pelajar yang berliterasi sains, kemahiran menaakul dan kemahiran saintifik adalah penting. Kemahiran proses sains (KPS) adalah komponen kemahiran saintifik yang merupakan kemahiran yang diperlukan untuk mencari jawapan kepada sesuatu masalah atau membuat keputusan secara bersistem (Rauf et al., 2004). Bagi membolehkan pelajar membina pengetahuan saintifik dan memperolehi ilmu tersebut dengan lebih bermakna, KPS adalah sangat diperlukan (Rauf et al., 2013; Turiman et al., 2012). Ini dapat dilakukan dengan pendekatan pengajaran guru yang lebih berorientasikan kepada proses sains. Salah satu pendekatan tersebut adalah pembelajaran berasaskan permainan. KPS sesuai diterapkan dengan pendekatan ini kerana menyediakan aktiviti *hands-on* yang membolehkan pelajar menguasai dan mengembangkan KPS (Bilgin, 2006; Azmah et al., 2014).

Bersesuaian dengan era digital, permainan digital dihasilkan atas tujuan pendidikan dapat menghasilkan suasana pembelajaran yang aktif dan berkesan. Kajian yang dijalankan oleh Bayir (2019) yang menggunakan permainan dalam pembelajaran sains mendapati bahawa pelajar dapat meneroka konsep sains yang dipelajari dengan lebih mendalam disamping dapat memupuk kemahiran inkuiri dalam persekitaran yang menyeronokkan. Disamping itu, beliau juga mendapati bahawa permainan sains yang diterapkan dalam eksperimen berasaskan inkuiri mampu mengembangkan KPS pelajar.

## *Kemahiran Proses Sains*

Kemahiran proses sains (KPS) adalah merupakan kemahiran berfikir yang digunakan bagi memperolehi maklumat, menyelesaikan masalah dan merumuskan hasilnya. Menurut Karamustafaoğlu (2011), KPS sangat penting bagi membolehkan pelajar memperolehi pembelajaran yang bermakna. Selain

daripada itu, KPS membantu pelajar untuk berkembang sebagai individu yang dapat mengakses pengetahuan dan mengetahui cara memperolehinya (Hikmah et al., 2018). Beberapa kajian literatur menunjukkan terdapat hubungan positif diantara KPS pelajar dan pencapaian mereka dalam sains (Bybee, 2010) dan juga antara sikap positif pelajar terhadap sains dan pencapaian mereka dalam bidang sains (Kesamang & Taiwo, 2002). Justeru, guru sains perlu menyedari kepentingan dalam meningkatkan KPS pelajar dan sikap positif terhadap sains, kerana kedua-duanya merupakan antara penentu kepada pencapaian pelajar dalam sains.

Walaupun bagaimanapun, kajian lepas mendapati pelajar masih tidak dapat menggunakan KPS semasa aktiviti amali di makmal dijalankan seterusnya tidak memperoleh pengalaman pembelajaran yang bermakna (Burak, 2009; Lue, 2020). Dalam konteks negara Malaysia, Irene Lue (2020) mendapati pelajar di Malaysia mengalami kesukaran dalam menguasai KPS seperti mendefinisi secara operasi, mentafsir data, menyatakan inferens dan membuat ramalan. Keadaan ini berlaku mungkin disebabkan KPS yang diterapkan dalam kalangan pelajar adalah berlaku secara tidak langsung semasa pelajar menjalankan aktiviti (Rauf et al., 2008) dan tidak dirancang secara implisit (Scanlon et al., 2002). Aktiviti di dalam makmal terutamanya dijalankan oleh pelajar berpandukan senarai arahan daripada guru atau buku teks dan kefahaman pelajar terhadap KPS ini tidak dititikberatkan oleh guru (Sembak & Abdullah, 2017).

Guru sains perlu banyak merancang aktiviti amali agar kemahiran saintifik dapat diterapkan apabila pelajar merancang, mengendali, dan menganalisis data menggunakan pelbagai peralatan (Berg, 2008). Namun, banyak kekangan yang dihadapi oleh guru dalam mentadbir aktiviti amali seperti kekurangan makmal sains, kekurangan alat radas (Gultepe, 2016) dan kelemahan guru untuk mengawal pelajar di dalam makmal (Rauf et al., 2013) disamping tidak mempunyai pengetahuan yang mencukupi untuk menerapkan KPS dalam aktiviti Pengajaran dan Pemudahcaraan (PdPc) (Hikmah et al., 2018).

Penguasaan KPS yang rendah dalam kalangan guru mewujudkan suasana pembelajaran pelajar yang sangat membosankan dan kaku. Oleh itu, adalah penting bagi guru untuk sentiasa mencari pendekatan pembelajaran yang menyeronokkan dan berpusatkan pelajar serta penerapan KPS dalam matapelajaran sains juga perlu dilaksanakan dengan lebih terancang.

### *Pembelajaran Berasaskan Permainan Digital*

Penggunaan permainan dalam pembelajaran akan menjadikan pembelajaran itu menarik dan menyeronokkan. Apabila sesuatu mata pelajaran itu menarik, pelajar akan lebih bersedia dan lebih fokus untuk belajar (Horizon Report: 2014 K-12 Edition 2014). Permainan juga membenarkan persaingan sesama pelajar di mana ia merupakan satu faktor yang menjadi motivasi kepada pelajar. Dengan bermain, pelajar akan merasakan mereka hanya bermain tanpa menyedari mereka sebenarnya turut belajar. Selain itu, pelajar juga dapat mengetahui tahap pencapaian rakan-rakan mereka yang lain melalui permainan (Muhamad et al., 2015). Dari situ, timbulnya persaingan yang sihat dalam kalangan pelajar untuk melakukan sesuatu dengan lebih baik (Chen et al., 2019; Sayed Yusoff et al., 2014)

Pembelajaran berasaskan Permainan Digital (PBPD) adalah satu proses pembelajaran yang dinamik yang menghubungkan elemen permainan dan motivasi pelajar (Chung & Chang, 2017; Putra & Iqbal, 2016). Kajian-kajian lepas telah menunjukkan PBPD berkesan dalam meningkatkan motivasi pelajar dan pencapaian pelajar (Alsawaier, 2019; Lizawati et al., 2017; Tangkui & Tan, 2020). Penggunaan PBPD dalam pembelajaran sesuai digunakan untuk semua peringkat sama ada sekolah rendah, sekolah menengah atau peringkat yang lebih tinggi. Apa yang penting ialah bagaimana PBPD diintegrasikan dalam pembelajaran (Muhamad et al., 2015).

### *Permainan Digital dan Penguasaan Kemahiran Proses Sains dalam Pendidikan Sains*

Penggunaan permainan digital dalam pembelajaran sains telah dibuktikan dapat meningkatkan motivasi, minat dan sikap pelajar terhadap matapelajaran sains seterusnya meningkatkan pencapaian sains (Osman & Lay, 2020; Zheng et al., 2019). Walaubagaimanapun, kebanyakan kajian PBPD yang dijalankan adalah berfokuskan kepada kandungan sains, namun kurang kajian PBPD yang dijalankan untuk mengukur tahap KPS pelajar. Ini mungkin berlaku kerana kurangnya amalan PBPD dalam

kalangan guru terutamanya guru sains. Disamping itu, kurangnya latihan dan pendedahan tentang elemen KPS terhadap guru juga merupakan faktor kenapa KPS ini tidak diterapkan dengan berkesan. Mentaliti guru bahawa KPS hanya boleh diterapkan di dalam eksperimen atau amali di makmal (Gultepe, 2016) menyebabkan kurangnya penerapan kemahiran ini jika kemudahan makmal di sekolah tidak mencukupi. Perkara ini mungkin boleh diatasi jika guru diberi pendedahan tentang pendekatan-pendekatan PdPc lain yang bersesuaian untuk guru mengajar KPS kepada pelajar seperti pendekatan PBPD. Menurut Bayir (2019), KPS dapat diterapkan dalam pembelajaran sains menggunakan pendekatan permainan disamping dapat menguasai konsep sains.

Bahan pengajaran seperti modul pengajaran dapat membantu guru menerapkan KPS menggunakan pendekatan PBPD. Modul mempunyai arahan bebas yang membolehkan pelajar belajar sendiri dan guru bertindak sebagai fasilitator. Selain daripada itu, modul disusun secara sistematik dan menarik, merangkumi kandungan bahan, kaedah, dan penilaian yang dikembangkan (Goh & Sze, 2019; Wahono & Chang, 2019). Maka, jika modul sains berasaskan permainan digital dapat dihasilkan, elemen KPSB yang tidak mampu dikuasai oleh pelajar semasa menjalankan amali sains seperti kemahiran menghipotesis, meramal dan menganalisis data boleh diterapkan dengan menggunakan modul tersebut.

### *Kerangka Konseptual Pembelajaran Sains Berasaskan Permainan Digital*

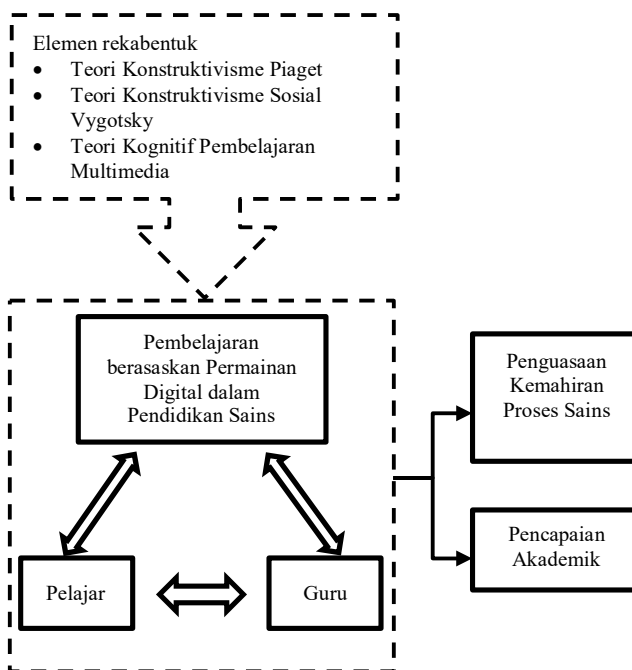
Teori-teori pembelajaran yang digunakan dalam kajian ini diterapkan secara tidak langsung semasa pelajar melakukan aktiviti dan menyelesaikan permasalahan dalam permainan digital. Pembelajaran sains berasaskan permainan digital didukung oleh teori konstruktivisme Piaget sebagaimana yang dinyatakan oleh Wong & Osman (2018) dan Lay & Osman (2018). Menurut teori konstruktivisme, maklumat yang diterima oleh pelajar diinterpretasi dengan berpandukan pengetahuan sedia ada pelajar dan seterusnya pengetahuan baru dibina semula dalam bentuk yang mudah diterimanya (Brandon & All, 2010). Teori konstruktivisme Piaget diaplikasikan semasa pelajar membina pengetahuan baru berdasarkan pengetahuan sedia ada dan pengalaman seharian mereka (Lue, 2020; Maranan, 2017). Penglibatan secara aktif oleh pelajar dalam permainan dilakukan di samping interaksi bersama rakan dapat membantu mereka membina idea dan pengetahuan masing-masing (Mad Noor & Harun, 2019).

Teori konstruktivisme Vygotsky (1978) pula diterapkan semasa pelajar melaksanakan tugas dan perbincangan berkumpulan yang memerlukan pelajar berinteraksi dan berkomunikasi dengan rakan, guru dan orang lain. Selain itu, teori kognitif dengan pembelajaran multimedia iaitu teori memproses informasi yang telah dipelopori oleh Mayer et al. (2000) diterapkan semasa pembelajaran disampaikan dalam dua mod iaitu gambar dan teks yang dipersembahkan secara serentak. Teori kognitif dengan pembelajaran multimedia digabungkan dengan teori konstruktivisme dalam merangka aktiviti pengajaran dan pembelajaran bagi menggalakkan penglibatan pelajar secara aktif dalam setiap aktiviti yang dijalankan. Secara tidak langsung, pelajar dapat menguasai isi pembelajaran melalui aktiviti-aktiviti yang berpusatkan pelajar (Bara & Xhomara, 2020; Raheleh, 2013; Rohani & Jamil 2017). Selain daripada itu, komunikasi pelajar dengan bahan pembelajaran, interaksi antara pelajar dan interaksi pelajar dengan guru menjadi elemen yang penting dalam mengintegrasikan permainan dalam pembelajaran (Wong & Osman, 2018).

Permainan digital yang kompleks membolehkan pelajar memperoleh pengetahuan dan kemahiran secara konstruktivis di mana pelajar dapat meneliti idea mereka dan menerima maklum balas mengenai hipotesis dan strategi mereka (Jong et al., 2010). Banyak kajian menunjukkan bahawa permainan digital meningkatkan perkembangan kognitif kanak-kanak (Plowman, 2005). Oleh itu, Majlis Pembelajaran Sains dan Penyelidikan Nasional Amerika Syarikat (2011) mengakui pelaburan dan penyelidikan masa depan adalah perlu dalam pembangunan permainan digital bagi meningkatkan kemahiran proses sains (Honey & Hilton, 2011).

Sehubungan dengan itu, dengan penglibatan aktif pelajar dalam permainan digital khusus untuk penerapan KPS dapat meningkatkan kemahiran tersebut dalam diri pelajar. Hal ini seterusnya akan meningkatkan pencapaian akademik pelajar dalam matapelajaran sains (Aka et al., 2010; Feyzioglu, 2009; Hamda, 2015). Kerangka konsep yang dicadangkan untuk mengenalpasti keberkesanan pembelajaran berasaskan permainan digital terhadap pencapaian akademik dalam sains dan penguasaan kemahiran proses sains adalah seperti dalam Rajah 1.

**Rajah 1: Kerangka konseptual Pembelajaran Berasaskan Permainan Digital dalam pendidikan sains [Sumber: Diubahsuai dari Wong & Osman (2018)]**



## Kesimpulan

Kajian-kajian lepas menunjukkan bahawa PBPD merupakan satu strategi pengajaran yang lebih berkesan berbanding dengan kaedah konvensional dalam meningkatkan pencapaian akademik pelajar, meningkatkan motivasi pelajar dan melibatkan pelajar dengan lebih aktif dalam pembelajaran. Penggunaan teknologi yang disepadukan dengan pembelajaran dalam bilik darjah menjadikan suasana pembelajaran menjadi lebih kondusif dan pelajar dapat memahami dengan lebih jelas apa yang hendak disampaikan. Ciri-ciri PBPD adalah bersesuaian dengan kaedah yang digunakan dalam proses penyelesaian masalah bukan rutin. Dengan apa yang telah dinyatakan, dapat dibuat kesimpulan bahawa selain dapat membantu pelajar meningkatkan minat, motivasi dan pencapaian pelajar dalam matapelajaran sains, PBPD juga boleh digunakan untuk meningkatkan penguasaan pelajar terhadap KPS. Diharapkan dengan adanya kajian ini, dapat membantu pengkaji-pengkaji untuk menghasilkan modul penerapan KPS melalui PBPD, seterusnya memberi manfaat kepada institusi pendidikan umumnya dan guru-guru dan pelajar sains khususnya.

## Rujukan

- Aka, E. I., Güven, E. & Aydoğdu, M. (2010). Effect of problem-solving method on science process skills and academic achievement. *Journal of Turkish Science Education* 7(4), 13–25.
- Alsawaier, R. S. (2018). The effect of gamification on motivation and engagement. *International Journal of Information and Learning Technology*, 35(1), 56–79. <https://doi.org/10.1108/IJILT-02-2017-0009>
- Azmah, N., Yusuff, N., Rahaman, N. M., Abdullah, N., Ridzuan, P. D., Kebangsaan, S., Terap, S., et al. (2014). Primary school pupils' acquisition of science process skills via hands-on activities and authentic assessment. *Jurnal Pendidikan Sains & Matematik Malaysia* 4(1): 15–28.
- Bara, G. & Xhomara, N. (2020). The effect of student-centered teaching and problem-based learning on academic achievement in Science. *Journal of Turkish Science Education*, 17(2), 180 – 199.
- Bayir, E. (2019). Introducing an inquiry-based experiment-integrated science game for elementary students: The shadow races game. *Science Activities: Projects and Curriculum Ideas in STEM Classrooms*, 56(2), 33–41.
- Berg, E. (2008). *Improving teaching in the laboratory: Old problems, new perspectives*. Kertas Kerja Seminar Pembelajaran dan Pengajaran Sains, Universiti Kebangsaan Malaysia, 17–19 Februari.
- Bilgin, I. (2006). The Effects of Hands-on Activities Incorporating a Cooperative Learning Approach on Eight Grade Students' Science Process Skills and Attitudes Toward Science. *Journal of Baltic Science Education* 1(9): 27–37.
- Brandon, A. F. & All, A. C. (2010). Constructivism theory analysis and application to curricula. *Nursing Education Perspectives*, 31(2), 89-92.
- Burak, F. (2009). An investigation of the relationship between science process skills with efficient laboratory use and science achievement in chemistry education. *Journal of Turkish Science Education*, 6(3).
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technol. Eng. Teach.*, 70(1), 30.
- Chen, C. H., Law, V. & Huang, K. (2019). The roles of engagement and competition on learner's performance and motivation in game-based science learning. *Educational Technology Research and Development*, 67(4), 1003–1024. [doi:10.1007/s11423-019-09670-7](https://doi.org/10.1007/s11423-019-09670-7)
- Chung, L. Y. & Chang, R. C. (2017). The effect of gender on motivation and student achievement in digital game-based learning: A case study of a contented-based classroom. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(6), 2309–2327. [doi:10.12973/EURASIA.2017.01227A](https://doi.org/10.12973/EURASIA.2017.01227A)
- Feyzioğlu, B. (2009). An investigation of the relationship between science process skills with efficient laboratory use and science achievement in chemistry education. *Journal of Turkish Science Education* 6(3), 114–132.
- Goh, W. W. B. & Sze, C. C. (2019). Artificial intelligence paradigms for teaching biotechnology. *Trends in Biotechnology*, 37(1), 1–5. [doi:https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2018.09.009](https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2018.09.009)
- Gultepe, N. (2016). High school science teachers' views on science process skills. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(5), 779-800.
- Hamda, S. (2015). Improving students' science process skill and achievement through experiment in laboratory: volumetric titration. *Advanced Journal of Technical and Vocational Education Research Article* 1(2), 169–172.
- Hikmah, N., Yamtinah, S., Ashadi & Indriyanti, N. Y. (2018). Chemistry teachers' understanding of science process skills in relation of science process skills assessment in chemistry learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1022(1). [doi:10.1088/1742-6596/1022/1/012038](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1022/1/012038)
- Honey, M.A. & Hilton, M. (2011). *Learning Science Through Computer Games and Simulations*. National Academic Press, Washington DC, USA: t.pt. <https://www.nap.edu/read/13078/chapter/1#ix>
- Horizon Report: 2014 K-12 Edition. (2014). Horizon Report. [http://doi.org/ISBN 978-0-9914828-5-6](http://doi.org/ISBN%20978-0-9914828-5-6)
- Hsiao, H. S., Chang, C. S., Lin, C. Y., & Hu, P. M. (2014). Development of children's creativity and manual skills within digital game-based learning environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 30(4), 377–395. [doi:org/10.1111/jcal.12057](https://doi.org/10.1111/jcal.12057)
- Jong, M. S., Shang, J., & Lee, F. (2010). *Constructivist Learning Through Computer Gaming*. In M. Syed (Ed.), *Technologies Shaping Instruction and Distance Education: New Studies and Utilizations*, 207-222.
- Karamustafaoğlu, S. (2011). Improving the science process skills ability of science student teachers using I diagrams. *Eurasian J. Phys. Chem. Educ*, 3(1), 26–38. Retrieved from

- <http://www.eurasianjournals.com/index.php/ejpc>
- Kesamang, M. E. E. & Taiwo, A. A. (2002). The correlates of the socio-cultural background of botswana junior secondary school students with their attitudes towards and achievements in science. *International Journal of Science Education*, 24, 919-940.
- Lay, A.-N. & Osman, K. (2018). Developing 21 st Century Chemistry Learning through Designing Digital Games. *Journal of Education in Science, Environment and Health* 4(1). doi:10.21891/jeseh.387499
- Lue, I. L. P. (2020). *Keberkesanan modul lab-madi terhadap kemahiran penghujahan, kemahiran proses sains dan penguasaan konsep resapan dan osmosis*. Tesis Dr. Fal., Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Lizawati, M. H., Hamisah, A. R., Ku Haslina, K. A. M. & Mohd Taufiq Syakirin, A. Z. (2017). Intrinsic motivation level and student achievement in chemistry learning for the topic of gas based on Jejak Rembo. *Jurnal Penyelidikan Dedikasi Jilid*, 13(8), 117–144.
- Mad Noor, M., & Harun, J. (2019). Kemahiran Berfikir Kritis Melalui Permainan Digital dalam Persekitaran Pembelajaran Konstruktivisme Sosial. *International Journal of Education, Phycology, and Counselling*. 4(28), 73-83
- Maranan, V. M. (2017). *Basic Process Skills And Attitude Toward Science: Inputs To An Enhanced Students' Cognitive Performance*. Tesis Sarjana. Laguna State Polytechnic University.
- Mayer, R.E. & Mereno, R. (2000). A learner-centered approach to multimedia explanations: Deriving instructional design principles from cognitive theory. *Interactive Multimedia Electronic Journal of Computer-Enhanced Learning*, 2(2).
- Muhamad, N., Harun, J., Md. Salleh, S. & Megat Zakaria, M. A. Z. (2015). Penggunaan Game-Based Learning bagi meningkatkan kemahiran penyelesaian masalah kreatif dalam matematik. *2nd International Education Postgraduate Seminar (IEPS 2015), Johor Bahru, Johor.*, 1–9.
- 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. doi:10.1080/10494820.2020.1729208
- Plowman, L., & Stephen, C. (2005). Children, play, and computers in pre-school education. *British Journal of Educational Technology*, 36(2), 145-157.
- Putra, P. D. & Iqbal, M. (2016). Implementation of serious games inspired by Baluran National Park to improve students critical thinking ability. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(1), 101–108. doi: <https://doi.org/10.15294/jpii.v5i1.5798>
- Raheleh, R. (2013). *The effects of single loop and double loop learning with peer scaffolding in problem-based gaming on science process skills among fifth grade students*. Tesis Sarjana, Universiti Sains Malaysia.
- Rauf, R. A. A., Alias, N., DeWitt, D., Siraj, S., Rahman, M. N. A. & Gelamdin, R. B. (2008). Implementation of Ptechls modules in rural Malaysian secondary school: A needs analysis. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 2(1), 30-35.
- Rauf, R. A. A., Johar, A. R., Halim, L. & Ariffin, S. R. (2004). Pemupukan kemahiran proses sains di kalangan pelajar tingkatan dua di Sekolah Bestari. *Jurnal Teknologi*, 40(1), 19–31. doi:10.11113/jt.v40.427
- Rauf, R. A. A., Rasul, M. S., Mansor, A. N., Othman, Z. & Lyndon, N. (2013). Incultation of science process skills in a science classroom. *Asian Social Science* 9(8), 47–57. doi:10.5539/ass.v9n8p47
- Rohani A. & Jamil H. (2017). Model Bersepadu Penerapan Kemahiran Abad Ke-21 dalam Pengajaran dan Pembelajaran (Integrated Model of Infusing 21st Century Skills in Teaching and Learning). *Jurnal Pendidikan Malaysia* 42(1): 1–11. doi:10.17576/JPEN-2017-42.1-1-11
- Sayed Yusoff, S. H., Tan, W. H., & Muhammad Zaffwan, I. (2014). Digital game-based learning for remedial mathematics students: A new teaching and learning approach in Malaysia. *International Symposium on Simulation and Serious Games 2014*, 978–981. doi:10.3850/978-981-09-0463-0
- Scanlon, E., Morris, E., Di Paolo, T. & Cooper, M. (2002). Contemporary approaches to learning science: Technology-mediated practical work. *Studies in Science Education*, 38, 73–114.
- Sembak, S. & Abdullah, N. (2017). Pengetahuan dan pelaksanaan kemahiran proses sains dalam kalangan guru. *Jurnal Pendidikan Sains & Matematik Malaysia*, 7(1), 56–67. Retrieved from [http://www.myjurnal.my/filebank/published\\_article/55507/JPSMM5.pdf](http://www.myjurnal.my/filebank/published_article/55507/JPSMM5.pdf)

- Tangkui, R. & Tan, C. K. (2020). Kesan pembelajaran berasaskan permainan digital Minecraft terhadap pencapaian murid tahun lima dalam pecahan abstrak. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 5(9), 98–113.
- Turiman, P., Omar, J., Daud, A. M. & Osman, K. (2012). Fostering the 21st Century Skills through Scientific Literacy and Science Process Skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 59, 110–116. doi:10.1016/j.sbspro.2012.09.253
- Wahono, B. & Chang, C. (2019). Assessing teacher's attitude, knowledge, and application (AKA) on STEM: An effort to foster the sustainable development of STEM education. *Sustainability*, 11(4), 1–8. doi: <https://doi.org/10.3390/su11040950>
- Wong, W. 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.
- Zheng, Y. J., Cheng, I. L. & Chen, N. S. (2019). The effect of 3D Electronic Board Game in enhancing elementary students learning performance on human internal organ. *Proceedings - International Joint Conference on Information, Media and Engineering, ICIME 2018*, 225–230. IEEE. doi:10.1109/ICIME.2018.00054.