

# **Penguasaan Kemahiran Proses Sains Dalam Pembelajaran Sains Berasaskan Permainan Digital**

**N. Faizah binti Ahmad,**  
*Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia*  
[izahahmad@gmail.com](mailto:izahahmad@gmail.com)

**Zanaton H. Iksan**  
Pusat Pembudayaan STEM, Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia  
[zanaton.iksan@ukm.edu.my](mailto:zanaton.iksan@ukm.edu.my)

## **ABSTRAK**

**Pengenalan** – Dalam pendidikan sains, kemahiran proses sains (KPS) bukan sahaja penting untuk bakal saintis malah, kemahiran ini juga perlu untuk membolehkan seseorang itu berliterasi sains. Kajian literatur mendapati pelajar Malaysia mempunyai tahap kemahiran proses sains yang sederhana. Bersesuaian dengan era digital, pembelajaran berasaskan permainan digital (PBPD) mempunyai potensi yang besar untuk menjadi alat pembelajaran yang berkesan dalam meningkatkan tahap KPS pelajar kerana ia dapat meningkatkan motivasi dan minat pelajar terhadap matapelajaran sains. Walaupun terdapat banyak kajian yang telah dijalankan berkaitan PBPD ini, namun kebanyakannya mengukur pencapaian sains pelajar dan kurang kajian dilakukan untuk mengukur tahap penguasaan KPS pelajar.

**Objektif** - 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.

**Methodologi** – Kertas konsep ini dibina berdasarkan kepada tinjauan literatur beberapa artikel yang membincangkan pembelajaran berasaskan permainan digital dalam pendidikan sains serta penguasaan kemahiran proses sains.

**Dapatan** – 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.

**Kepentingan** – 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

## **Pengenalan**

Pendidikan sains pada masa kini terarah kepada melahirkan masyarakat yang berliterasi sains disebabkan masyarakat di abad ke-21 berada dalam populasi yang berkembang pesat. Dengan adanya literasi sains, manusia mampu untuk membuat keputusan dalam kehidupan seharian yang mempengaruhi penggunaan tenaga dan sumber alam, kesihatan diri dan kesejahteraan hidup mereka (Turiman et al., 2012). 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). KPS diperlukan pelajar untuk belajar mengenai dunia sains dan teknologi dengan lebih terperinci. Pelajar dapat mempelajari sains dengan cara yang bermakna melalui penerokaan KPS berdasarkan pendekatan konstruktivis (Yeap, 2007).

Penekanan terhadap penguasaan KPS ini menuntut suatu perubahan dalam amalan pengajaran guru daripada berorientasikan kandungan kepada pengajaran yang berorientasikan proses sains. Salah satu pendekatan pembelajaran yang boleh digunakan untuk menerapkan KPS adalah dengan menggunakan pendekatan berasaskan permainan. Pendekatan ini bersesuaian dengan KPS kerana menyediakan persekitaran pembelajaran dengan aktiviti *hands-on* yang membolehkan pelajar menguasai dan mengembangkan KPS. Penggabungan permainan pendidikan yang kompetitif dengan kandungan khusus dalam pelajaran sains dapat menjadikan pembelajaran sains satu pengalaman yang menyeronokkan dan boleh dijadikan sebagai satu alat pembelajaran yang mendatangkan banyak kebaikan kepada pelajar (Bayir, 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 komponen kemahiran saintifik yang sangat penting dalam pembelajaran sains. Ia adalah merupakan kemahiran berfikir yang digunakan bagi memperolehi maklumat, menyelesaikan masalah dan merumuskan hasilnya. Ia juga kemahiran yang digunakan oleh saintis dalam kajian-kajian mereka (Karamustafaoğlu, 2011; Safaah, Muslim & Liliawati, 2017). Menurut Ozgelen (2012) dan Duda & Susilo (2018), kemahiran ini terbahagi kepada dua bahagian iaitu Kemahiran Proses Sains Asas (KPSA) dan Kemahiran Proses Sains Bersepadu (KPSB). KPSA terdiri daripada memerhati, mengelas, mengukur dan menggunakan nombor, membuat inferens, meramal dan berkomunikasi manakala kemahiran menggunakan ruang dan masa, mentafsir data, mendefinisikan secara operasi, mengawal pemboleh ubah, membuat

hipotesis dan mengeksperimen adalah termasuk dalam KPSB. Untuk menguasai KPSB, pelajar perlu terlebih dahulu menguasai KPSA (Rauf et al., 2008).

Menurut Karamustafaoğlu (2011), KPS sangat penting bagi membolehkan pelajar memperolehi pembelajaran yang bermakna. Ini adalah kerana pembelajaran berlaku secara berterusan sepanjang hayat dan setiap individu sentiasa mencari, mentafsir, dan menilai fenomena dan permasalahan yang mereka hadapi seharian dalam keadaan yang berbeza. Selain daripada itu, KPS membantu pelajar untuk berkembang sebagai individu yang dapat mengakses pengetahuan dan mengetahui cara memperolehinya (Hikmah et al., 2018). Oleh itu, adalah penting bagi pelajar melengkapkan diri mereka dengan KPS di peringkat persekolahan. Beberapa kajian literatur menunjukkan terdapat hubungan positif diantara KPS pelajar dan pencapaian mereka dalam sains (Robert & Bybee, 2015; Padilla, 2004; Wolters dan Soyibo, 2001) dan juga antara sikap positif pelajar terhadap sains dan pencapaian mereka dalam bidang sains (Kesamang dan 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 (Lue, 2020; Burak, 2009). Kajian-kajian tersebut juga mendapati bahawa antara kemahiran yang tidak dapat dikuasai oleh pelajar adalah seperti kemahiran meramal, membuat hipotesis, mengenal pasti dan mengawal pemboleh ubah dan merekod data. 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 murid merancang, mengendali, dan menganalisis data menggunakan pelbagai peralatan (Berg, 2008). Ini adalah kerana KPS perlu digunakan semasa merancang dan menjalankan penyiasatan sains (Othman, Razali & Talib, 2016). Namun, banyak kekangan yang dihadapi oleh guru dalam mentadbir aktiviti amali seperti kekurangan makmal sains, kekurangan alat radas (Gultepe, 2016) dan keupayaan 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). Dapatan ini menyokong hasil kajian Hafizan et al. (2012) yang menyatakan bahawa guru sains tidak mempunyai pengetahuan konsep KPS bersepadu yang mencukupi untuk mengajar pelajar memahaminya dengan cara yang bermakna. Justeru, Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM) menghadapi cabaran dalam meningkatkan KPS pelajar kerana ia melibatkan penguasaan KPS guru. Penguasaan KPS guru juga mempunyai hubung kait dengan penguasaan dan minat pelajar terhadap sains. 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**

Pembelajaran berasaskan Permainan Digital (PBPD) adalah satu proses pembelajaran yang dinamik yang menghubungkan elemen permainan dan motivasi pelajar (Chung dan Chang, 2017). Ini turut disokong oleh Putra dan Iqbal (2016) yang menyatakan PBPD mampu untuk menarik perhatian pelajar serta meningkatkan motivasi mereka. Kesesuaian permainan digital sebagai media pembelajaran turut dipersetujui oleh Belanich dan Orvis (2013) yang menyatakan bahawa PBPD mengandungi beberapa ciri-ciri instruksional seperti maklumat dalam bentuk prosedur atau bersifat episodik, maklumat yang relevan dan mod persembahan yang mengandungi pengucapan dan imej grafik.

Sepanjang dekad yang lalu, ada banyak kajian yang dilakukan untuk mengesahkan teori yang menyokong PBPD secara empirical (Lizawati et al., 2017; Hwang, Hung & Chen, 2014; Khan & Ahmad, 2017). Permainan digital telah ditunjukkan dapat meningkatkan pencapaian pelajar dalam pelbagai domain dan telah terbukti memberi kesan positif terhadap kemahiran kognitif seperti kemampuan spasial dan pemetaan pengetahuan. Analisis meta yang dijalankan oleh Clark, Tanner-Smith & Killingsworth (2016) telah mendapati bahawa jika dibandingkan pelajar yang diberi pendedahan tanpa permainan, pendekatan PBPD menghasilkan peningkatan sisihan piawai 0.33 dalam hasil pembelajaran di pelbagai domain. Selain itu, pelajar yang didedahkan dengan beberapa sesi permainan dalam kajian mereka menunjukkan prestasi yang lebih baik berbanding pelajar yang menjalani pembelajaran tanpa permainan.

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. Dari situ, timbulnya persaingan yang sihat dalam kalangan pelajar untuk melakukan sesuatu dengan lebih baik (Hsiao et al., 2014; Sayed Yusoff et al., 2014; Chen, Law & Huang, 2019)

Kajian-kajian lepas telah menunjukkan keberkesanan penggunaan PBPD seperti kajian yang dijalankan oleh Lizawati et al. (2017) yang menunjukkan pengintegrasian permainan digital dalam matapelajaran kimia telah meningkatkan motivasi intrinsik pelajar seterusnya meningkatkan pencapaian pelajar dalam matapelajaran tersebut. Ini turut disokong oleh kajian-kajian yang dijalankan oleh Hwang et al. (2014), Tangkui & Tan (2020), Chen, Law dan Huang, (2019) dan Alsawaier (2019) yang mendapati permainan computer dengan penilaian rakan sebaya dapat meningkatkan pencapaian pelajar, motivasi dan kemahiran menyelesaikan masalah. Kajian-kajian lepas ini membuktikan bahawa PBPD membantu dalam meningkatkan pencapaian, motivasi, kemahiran penyelesaian masalah dan kreativiti pelajar. 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 Dalam Pendidikan Sains Dan Penguasaan Kemahiran Proses Sains**

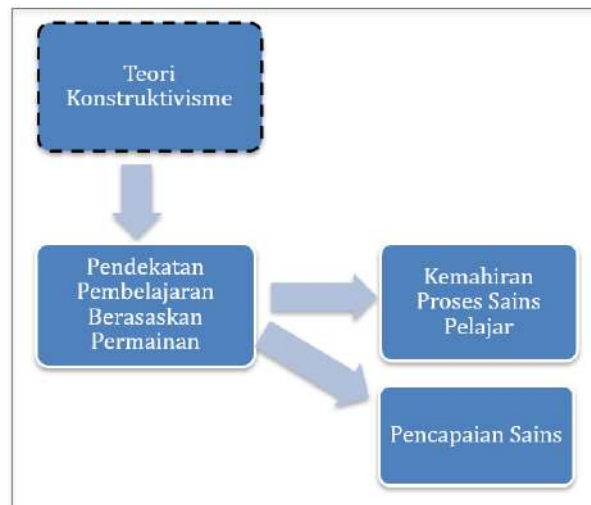
Penggunaan permainan digital dalam pembelajaran sains telah dibuktikan dapat meningkatkan motivasi, minat dan sikap pelajar terhadap matapelajaran sains seterusnya meningkatkan pencapaian sains (Zheng, Cheng & Chen, 2019; Venita, 2015; Osman & Lay, 2020). Dapatan kajian yang dijalankan oleh Lay & Osman (2018) turut mendapati bahawa pendekatan PBPD meningkatkan pencapaian dan motivasi pelajar dalam matapelajaran kimia disamping dapat meningkatkan kemahiran abad ke-21 pelajar. Disamping itu, menurut Hussein et al. (2019), Hursen & Bas (2019) dan Inchamnan (2016), PBPD yang diterapkan dalam sains juga mampu meningkatkan kemahiran berfikir kritis dan kreativiti pelajar yang mana merupakan kemahiran-kemahiran kunci bagi seseorang pelajar dalam mendepani alam pekerjaan di abad ke-21 ini.

Jika dilihat daripada kajian-kajian lepas, 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. Guru-guru sains menganggap KPS hanya boleh diterapkan semasa menjalankan aktiviti amali di makmal (Gultepe, 2016). Mentaliti guru bahawa KPS hanya boleh diterapkan di dalam eksperimen atau amali di makmal 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 murid. Salah satu pendekatan yang boleh digunakan oleh guru adalah seperti PBPD. Menurut dapatan kajian oleh Bayir (2019) yang dijalankan keatas pelajar di sekolah rendah, tahap kps pelajar didapati meningkat apabila elemen diterapkan dalam pembelajaran sains berasaskan permainan. Selain daripada itu, beliau juga mendapati pelajar lebih menguasai konsep sains selepas menggunakan pendekatan tersebut.

Antara bahan pengajaran yang dianggap mampu menolong pelajar dan guru dalam proses pembelajaran adalah modul. Antara kelebihan modul ialah modul mempunyai arahan bebas yang membolehkan pelajar belajar sendiri dengan modul, dan guru bukan lagi satu-satunya sumber pembelajaran bagi pelajar. Selain daripada itu, modul disusun secara sistematik dan menarik, merangkumi kandungan bahan, kaedah, dan penilaian yang dikembangkan (Goh & Sze, 2019; Wahono & Chang, 2019; Watson, et al., 2016). Maka, jika bahan pengajaran berbentuk modul berasaskan permainan digital dapat dihasilkan, ini akan memudahkan guru menerapkan KPS dalam PdPc mereka dengan menggunakan pendekatan PBPD. 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**

Pembelajaran sains berasaskan permainan digital didukung oleh teori konstruktivisme Piaget sebagaimana yang dinyatakan oleh Qian & Clark (2016), Wong dan 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). Berdasarkan teori pembelajaran tersebut, pendekatan pembelajaran berasaskan permainan diterapkan dalam pembelajaran sains. Pendekatan permainan sains ini memerlukan pelajar untuk melibatkan diri secara aktif dalam proses penerokaan ilmu melalui permainan-permainan yang khusus dibina untuk meningkatkan KPS pelajar disamping dapat meningkatkan pencapaian pelajar dalam matapelajaran sains. 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

### **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. Penggunaan PBPD sebagai teknologi dalam pengajaran bukan sahaja sesuai diaplikasikan dalam subjek sains, malah boleh juga diaplikasikan dalam subjek-subjek lain dalam pelbagai bidang dan juga pelbagai peringkat pengajaran (Ku et al. 2014; Hsiao et al. 2014; Hwang et al. 2014). 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

- 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:10.1108/IJILT-02-2017-0009](https://doi.org/10.1108/IJILT-02-2017-0009)
- Bayir, E. (2014). Developing and playing chemistry games to learn about elements, compounds and the periodic table: Elemental periodica, compoundica, and groupica. *Journal of Chemical Education* 91(4), 531–5.
- 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.
- Belanich, J., Orvis, K. L. & Sibley, D. E. (2013). Pc-based game features that influence instruction and learner motivation. *Military Psychology*, 25(3), 206–217. [doi:10.1037/h0094963](https://doi.org/10.1037/h0094963)
- 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.
- 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).
- 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)
- Clark, D. B., Tanner-Smith, E. E. & Killingsworth, S. S. (2016). Digital games, design, and learning: A systematic review and meta-analysis. *Review of Educational Research*, 86, 79–122.
- Duda, H. J. & Susilo, H. (2019). Science process skill development: Potential of Practicum through problems based learning and authentic assessment. *Anatolian Journal of Education*, 3(1). [doi:10.29333/aje.2018.315a](https://doi.org/10.29333/aje.2018.315a)

- 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>
- Gultepe, N. (2016). High school science teachers' views on science process skills. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(5), 779-800.
- Hafizan, E., Halim, L. & Meerah, T. S. (2012). Perception, conceptual knowledge and competency level of integrated science process skill towards planning a professional enhancement programme. *Sains Malaysiana*, 41(7), 921–930.
- 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
- Horizon Report: 2014 K-12 Edition. (2014). Horizon Report. <http://doi.org/ISBN 978-0-9914828-5-6>
- 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
- Hursen, C. & Bas, C. (2019). Use of gamification applications in science education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(1), 4–23. doi:10.3991/ijet.v14i01.8894
- Hussein, M. H., Ow, S. H., Cheong, L. S. & Thong, M. K. (2019). A digital game-based learning method to improve students' critical thinking skills in elementary science. *IEEE Access* 7, 96309–96318. doi:10.1109/ACCESS.2019.2929089
- Hwang, G. J., Hung, C. M. & Chen, N. S. (2014). Improving learning achievements, motivations and problem-solving skills through a peer assessment-based game development approach. *Educational Technology Research and Development*, 62(2), 129–145. doi:10.1007/s11423-013-9320-7
- Inchamnan, W. (2016). An analysis of creative process learning in computer game activities through player experiences. *IAFOR Journal of Education*, 4(2). doi:10.22492/ije.4.2.07
- 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/ejpce>
- 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.
- Khan, A., Ahmad, F. H. & Malik, M. M. (2017). Use of digital game based learning and gamification in secondary school science: The effect on student engagement, learning

- and gender difference. *Education and Information Technologies*, 22(6), 2767–2804. doi:10.1007/s10639-017-9622-1
- Ku, O., Chen, S. Y., Wu, D. H., Lao, A. C. C., & Chan, T. (2014). The effects of game-based learning on mathematical confidence and performance. *High Ability vs . Low Ability*, 17, 65–78.
- Lay, A. N. & Osman, K. (2018). Developing 21st 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.
- 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
- Othman, A., Razali, F. & Talib, O. (2016). Aplikasi kemahiran proses sains dalam Pembelajaran Berasaskan Masalah untuk mata pelajaran Biologi. *Jurnal Kurikulum dan Pengajaran Asia Pasifik*, 4(3), 38-46.
- Özgelen, S. (2012). Students' science process skills within a cognitive domain framework. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 8(4): 283-292.
- Padilla, J. M. (2004). The science process skills. Retrieved from <http://www.educ.sfu.ca/narstsite/publication/research/skill.htm>
- 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>
- Qian, M. & Clark, K. R. (2016). Game-based learning and 21st century skills: A review of recent research. *Computers in Human Behavior*, 63, 50–58.
- 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). Inculcation of science process skills in a science classroom. *Asian Social Science*, 9(8), 47–57. doi:10.5539/ass.v9n8p47
- Roberts, D. & Bybee, R. W. (2015). *Scientific literacy, science literacy, and science education*. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. II, pp. 545-578). New York, NY: Routledge.
- Safaah, E. S., Muslim, M. & Liliawati, W. (2017). Teaching science process skills by using the 5-stage learning cycle in junior high school. *Journal of Physics: Conference Series*, 895(1). doi:10.1088/1742-6596/895/1/012106
- 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 21<sup>st</sup> century skills through scientific literacy and science process skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 59, 110 –116.
- Venita, H. (2015). The effect of the New Digital Energy game on students' interest, attitude, and science achievement using propensity score matching. *HISD Research and Accountability*, 9(1), 1689–1699. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- 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>
- Walters, Y. B. and Soyibo, K. (2001). An analysis of high school students' performance on five integrated science process skills. *Research in Science & Technological Education*, 19, 133-145.

- Watson, M. K., Pelkey, J., Noyes, C. & Rodgers, M. (2016). Assessing impacts of a learning-cycle-based module on students' conceptual sustainability knowledge using concept maps and surveys. *Journal of Cleaner Production*, 133(1), 544–556. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.063>
- 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.
- Yeam, K.P. (2007). *Tahap Pencapaian dan Pelaksanaan Kemahiran Proses Sains dalam Kalangan Guru Pelatih*. Universiti Sains Malaysia. Tesis Sarjana.
- 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