

Aplikasi Teknologi Multimedia dalam Pembelajaran Sains Biologi: Kesan Terhadap Pelajar Berbeza Tahap Keupayaan Spatial

Che Soh Said¹, Irfan Naufal Umar², Balakrishnan Muniandy², Shakinaz Desa³

¹Jabatan Komputeran, Fakulti Seni, Komputeran dan Industri Kreatif,
Universiti Pendidikan Sultan Idris

²Jabatan Teknologi Pendidikan, Universiti Sains Malaysia

³Fakulti Sains dan Matematik, Universiti Pendidikan Sultan Idris
chesoh@fskik.upsi.edu.my¹, {irfan, mbala}@usm.my², shakinaz@fsmt.upsi.edu.my³

Abstrak

Tujuan kajian ini adalah bagi mengenalpasti kesan penggunaan perisian multimedia interaktif terhadap prestasi kognitif sains biologi bagi pelajar yang berbeza tahap keupayaan spatial. Perisian multimedia interaktif dihasilkan dengan berpandukan kepada prinsip-prinsip reka bentuk mesej multimedia yang digubal daripada teori kognitif pembelajaran multimedia dan teori beban kognitif. Prestasi kognitif sains biologi diukur dengan menggunakan ujian pencapaian pra dan pos. Reka bentuk kajian kuasi eksperimen digunakan dalam kajian ini. Seramai lapan puluh empat orang pelajar daripada sebuah universiti telah dipilih sebagai sampel kajian yang pemilihan adalah berdasarkan kepada kumpulan kelas sedia ada. Dapatan kajian menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan bagi prestasi kognitif antara pelajar berbeza keupayaan yang mengikuti pembelajaran dengan perisian multimedia interaktif. Hasil kajian ini menunjukkan perisian multimedia interaktif dapat membantu pelajar berkeupayaan spatial rendah untuk mempelajari subjek sains biologi seiring dengan pelajar berkeupayaan spatial tinggi. Ini bermakna dapatlah dirumuskan bahawa perisian multimedia interaktif mungkin berpotensi untuk digunakan dalam pembelajaran bidang berorientasikan spatial dalam disiplin sains biologi.

Kata kunci Perisian multimedia interaktif, reka bentuk mesej multimedia, keupayaan spatial, sains biologi

PENGENALAN

Bidang sains merupakan teras dalam pendidikan di kebanyakan negara. Ini kerana bidang sains dikatakan sebagai kunci kepada kehidupan yang progresif

dan maju. Penguasaan bidang sains dan teknologi merupakan tunjang kepada pembangunan berterusan dalam zaman ini yang amat kompetitif (Dow, 2006; Kementerian Pendidikan Malaysia, 2013). Banyak pekerjaan memerlukan pekerja yang mempunyai kemahiran lanjutan dan berkebolehan untuk belajar, menaakul, berfikiran kreatif, membuat keputusan dan menyelesaikan masalah. Hal ini akan dapat dicapai melalui penguasaan kefahaman sains dan kemahiran proses sains (National Research Council, 1996).

Perkembangan pesat yang berlaku dalam teknologi komputer telah membolehkan komputer mikro memproses data multimedia berskala besar. Keadaan ini mewujudkan peluang kondusif untuk pembangunan dan penggunaan perisian komputer sebagai alat visualisasi. Alat visualisasi yang dihasilkan dengan teknologi komputer amat penting dalam pembelajaran sains kerana ia dapat menyokong visualisasi kompleks yang lazimnya tidak dapat dipaparkan melalui rajah dalam buku teks. Selain itu, komputer juga menyediakan visual dinamik yang dapat mempersembahkan konsep yang abstrak, dan dapat membantu pelajar menghasilkan perwakilan berbilang mengenai pengetahuan yang dikuasainya (Gilbert, 2008).

Salah satu perisian aplikasi komputer yang sesuai digunakan sebagai alat visualisasi dalam pembelajaran sains adalah perisian multimedia interaktif (Gilbert, 2008; Rapp, 2008, Mayer, 2009). Menurut Rapp (2008), multimedia amat sesuai digunakan sebagai alat visualisasi kerana dapat mempersembahkan data dalam bentuk dwi-kod iaitu aural dan visual. Kajian mendalam oleh Mayer dan rakan-rakan menunjukkan penggunaan multimedia memberi kesan yang lebih baik berbanding penggunaan teks, visual atau suara sahaja (Mayer, 2001; 2005; 2009). Kajian ramai penyelidik lain juga melaporkan bahawa penggunaan teknologi multimedia dapat meningkatkan kefahaman pelajar dalam pembelajaran sains (Yang & Greenbowe, 2003; Deratzou, 2006; McMahon, 2007). Perkembangan mutakhir melihat kebanyakan buku-buku teks sains telah disediakan bersama dengan koswer multimedia.

REKA BENTUK MESEJ MULTIMEDIA

Pembelajaran dengan multimedia adalah berkaitan dengan pembelajaran daripada persembahan gambar dan perkataan (Mayer, 2009). Ini bermakna pembelajaran multimedia merangkumi pembelajaran dengan animasi dan narasi, slaid persembahan multimedia yang mengandungi gambar dan perkataan atau koswer multimedia. Prestasi pembelajaran dengan perisian aplikasi multimedia dipengaruhi oleh aspek reka bentuk mesej multimedia (Höffler & Leutner, 2011; R. E. Mayer, 2014). Kenyataan ini disokong oleh teori kognitif pembelajaran multimedia (Mayer, 2014) dan teori beban kognitif (Sweller, 2010). Menurut Mayer (2009), pembelajaran multimedia mengikut perspektif kognitif adalah satu proses penghasilan perwakilan mental yang koheren dengan berpandukan kepada bahan yang dipersembahkan.

Peranan multimedia dalam pembelajaran adalah sebagai alat kognitif membantu pelajar membina pengetahuan berdasarkan kepada maklumat yang dipersembahkan (Mayer, 2009). Sebagai alat kognitif, persembahan

multimedia perlu disusun supaya selari dengan struktur kognitif memori bekerja manusia. Berdasarkan kepada kenyataan ini, Mayer (2009) berpendapat bahawa mesej multimedia yang dihasilkan berpandukan kepada struktur memori manusia bekerja berkemungkinan lebih merangsang pembelajaran bermakna. Susulan daripada premis ini, maka dapatlah dinyakan bahawa reka bentuk multimedia yang serasi dengan kaedah otak manusia beroperasi adalah lebih berkesan menyokong pembelajaran berbanding dengan reka bentuk yang tidak mengambil kira faktor kaedah otak manusia bekerja (Paas, Gog, & Sweller, 2010; Park, Plass, & Brünken, 2014).

Perkembangan terkini, isu reka bentuk mesej multimedia khususnya berkaitan dengan integrasi pelbagai media (seperti grafik, audio, video, animasi, teks) menjadi tumpuan utama dalam kajian berkaitan dengan bidang aplikasi multimedia dalam pendidikan, latihan dan ketenteraan (Johnson & Mayer, 2010; R. E. Mayer, 2014; Mnguni, 2014; Park et al., 2014; Spanjers, Gog, & Merriënboer, 2010). Keadaan ini disebabkan oleh dapatan kajian semasa yang menunjukkan bahawa projek-projek yang berkaitan dengan penggunaan multimedia interaktif dalam pendidikan tidak memberikan impak seperti yang diharapkan (KPM, 2008; Mayer, 2009). Menurut Mayer (2009), salah satu punca utama kepada kegagalan ini adalah kerana faktor reka bentuk perisian multimedia yang tidak mempertimbangkan aspek sistem kognitif memori manusia. Selari dengan keadaan ini, maka kajian adalah diperlukan dalam mengembangkan teori-teori dan prinsip berkaitan dengan reka bentuk mesej multimedia. Selain daripada aspek reka bentuk mesej multimedia, prestasi penggunaan perisian multimedia interaktif juga dipengaruhi oleh faktor latar belakang pelajar seperti keupayaan spatial (Huk, 2006; E. A. L. Lee & Wong, 2014; E. A. Lee, Wong, & Fung, 2009).

KEUPAYAAN SPATIAL

Keupayaan spatial adalah merupakan suatu kebolehan semula jadi manusia yang mempunyai pengaruh terhadap pencapaian akademik dan aktiviti vokasional manusia. Keupayaan spatial dikenal pasti sebagai salah satu daripada keupayaan individu yang bergantung kepada kepintaran umum seseorang (Hoffler, 2010). Keupayaan spatial mempengaruhi keupayaan manusia untuk memerhati, menyusun dan berinteraksi dengan persekitaran. Bodner dan Guay (1997) membahagikan keupayaan spatial kepada dua dimensi iaitu visualisasi spatial dan orientasi spatial (Bodner & Guay, 1997).

Gardner (1983) menjelaskan visualisasi spatial sebagai suatu kebolehan untuk melakukan transformasi atau mengecam transformasi suatu elemen ke elemen yang lain, membuat gambaran imej mental dan kemudian melakukan transformasi imej mental berkenaan. Bagi Hegarty dan Kozhevnikov (1999) pula, visualisasi spatial ialah kebolehan individu untuk melakukan proses pengkodan dan transformasi bentuk spatial dalam minda tanpa bergantung pada kelajuan putaran berkenaan. Transformasi mental ialah keupayaan mental untuk melakukan proses manipulasi, memutar atau menterjemah sesuatu objek (Hegarty & Waller, 2005).

Orientasi spatial pula adalah suatu kefahaman untuk melakukan aturan elemen dalam corak visual. Ekstrom, French dan Harman (1976) seperti disebut dalam Bodner dan Guay (1997) menyatakan orientasi spatial sebagai kebolehan untuk kekal tidak keliru apabila rangsangan visual berubah orientasi dan ia hanya melibatkan putaran minda. Kaufman (2006) menyatakan orientasi spatial sebagai kebolehan untuk mengekalkan orientasi spatial sesuatu objek. Rumusnya, keupayaan spatial mempunyai dua domain yang penting iaitu visualisasi spatial dan orientasi spatial. Keupayaan spatial juga dikatakan mempunyai perhubungan dengan pembelajaran dengan multimedia (Mayer, 2001). Beberapa kajian melaporkan bahawa penggunaan multimedia dalam pembelajaran mempunyai perhubungan dengan keupayaan spatial (Yang, Andre, & Greenbowe, 2003; Wilkinson, 2004).

OBJEKTIF DAN HIPOTESIS KAJIAN

Sesuai dengan pernyataan masalah yang telah dibincangkan, maka objektif kajian ini adalah untuk mengkaji kesan penggunaan perisian multimedia interaktif terhadap prestasi kognitif pelajar yang berbeza tahap keupayaan spatial. Manakala hipotesis kajian yang dibina berdasarkan kepada kepada teori kognitif multimedia (Mayer, 2009) adalah:

- H₁ Tiada perbezaan yang signifikan terhadap prestasi kognitif pelajar yang berbeza tahap keupayaan spatial dalam pembelajaran sains dengan perisian multimedia interaktif.

REKA BENTUK KAJIAN

Sampel

Seramai 82 orang pelajar program pendidikan sains daripada Universiti Pendidikan Sultan Idris terlibat dalam kajian ini (18 orang pelajar lelaki dan 64 orang pelajar perempuan). Sampel kajian adalah dipilih berdasarkan kepada kumpulan sedia ada dalam kalangan pelajar tahun pertama, program ijazah sarjana muda pendidikan.

Prosedur

Kajian ini adalah kajian eksperimen dengan menggunakan reka bentuk kuasi eksperimen (Cresswell, 2009). Reka bentuk ini dipilih kerana ia menggunakan sampel daripada kumpulan pelajar yang dipilih berdasarkan kepada kumpulan kelas sedia ada. Semua pelajar berkenaan diberikan ujian keupayaan spatial dan ujian pra prestasi kognitif dalam tempoh empat minggu sebelum eksperimen dilaksanakan. Tempoh masa penakbiran ujian keupayaan spatial adalah sepuluh minit, manakala tiga puluh minit diperuntukkan untuk pelajar menduduki ujian pra prestasi kognitif sains biologi. Proses rawatan dengan perisian interaktif multimedia dilakukan dalam makmal komputer

multimedia yang mempunyai akses kepada Internet. Semua pelajar menerima rawatan selama seratus dua puluh minit. Semasa proses rawatan, semua pelajar dibekalkan dengan panduan pembelajaran yang mengandungi lembaran kerja berkaitan dengan sains biologi. Ujian pos prestasi kognitif sains biologi ditadbir sebaik sahaja semua pelajar tamat menerima rawatan dengan perisian multimedia interaktif.

Instrumen

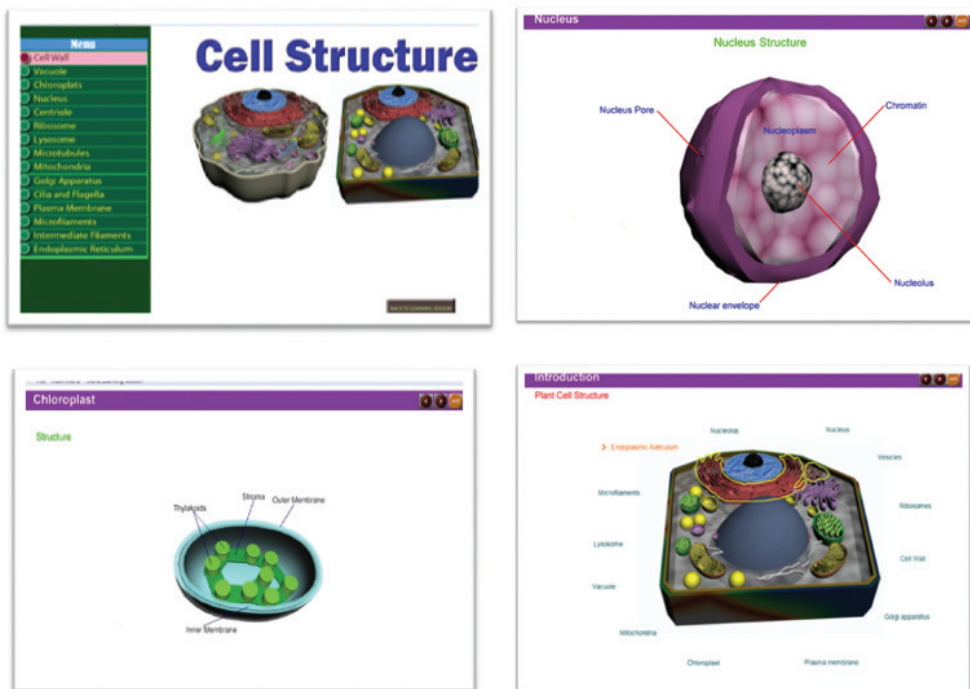
Tiga instrumen yang digunakan dalam kajian ini. Instrumen berkenaan adalah ujian keupayaan spatial, ujian pra prestasi kognitif sains biologi dan ujian pos prestasi kognitif sains biologi. Ujian keupayaan spatial adalah digubal berpandukan kepada ujian keupayaan spatial Bodner dan Guay (1997). Ujian keupayaan spatial Bodner dan Guay (1997) dipilih dengan berdasarkan kepada kenyataan bahawa ujian ini telah banyak digunakan dalam kajian-kajian yang berkaitan dengan keupayaan spatial dalam bidang sains dan kejuruteraan (Hegarty, Keehner, Khooshabeh, & Montello, 2009; Merchant et al., 2012; Wang, 2007). Menurut Bodner dan Guay (1997), tahap keupayaan spatial pelajar ditentukan berdasarkan kepada perbandingan skor pelajar dengan skor purata kumpulan pelajar berkenaan. Ini bererti, pelajar yang mendapat skor lebih tinggi daripada skor purata, diklasifikasikan sebagai pelajar berkeupayaan spatial tinggi dan sebaliknya adalah pelajar rendah tahap keupayaan spatialnya.

Ujian pra dan ujian pos prestasi kognitif sains biologi adalah set ujian yang mengandungi soalan objektif, soalan struktur dan soalan esei. Kandungan ujian adalah berkaitan dengan pengenalan kepada biologi sel, sel tumbuhan dan sel haiwan. Kesahan ujian ini telah diperolehi melalui semakan oleh dua orang pensyarah biologi yang mempunyai pengalaman lebih daripada lima tahun. Kebolehpercayaan ujian pra dan ujian pasca prestasi kognitif didapati melalui kajian rintis yang melibatkan seramai 30 orang responden (α Cronbach = 0.71).

Perisian Multimedia Interaktif

Modul pembelajaran yang digunakan ialah perisian multimedia interaktif yang telah dihasilkan penyelidik. Perisian multimedia interaktif ini mengandungi tiga bahagian utama ialah pengenalan kepada biologi sel, sel haiwan dan sel tumbuhan. Reka bentuk mesej multimedia dalam perisian ini adalah dihasilkan berpandukan prinsip-prinsip rekaan daripada teori kognitif pembelajaran multimedia dan teori beban kognitif. Prinsip-prinsip yang digunakan adalah prinsip navigasi, prinsip modaliti, prinsip perancah kognitif, prinsip multimedia dan prinsip pertindanan media (Gog & Rummel, 2010; R. Mayer & Moreno, 2003; Sweller, 2010). Perisian multimedia interaktif yang dibina ini telah dinilai oleh dua orang pakar kandungan. Penilaian dilakukan oleh pakar kandungan bagi memastikan kandungan adalah tepat dan benar. Pengujian

kebolehgunaan perisian yang dilakukan dalam kalangan pelajar. Tujuan pengujian kebolehgunaan adalah bagi memastikan perisian berkenaan adalah memenuhi tahap kebolehgunaan perisian dan tidak mempunyai kecatatan teknikal. Perisian multimedia interaktif sains biologi ini menggabungkan elemen grafik, teks, audio dan animasi. Pengguna dibenarkan untuk meneroka kandungan perisian ini dengan menggunakan fitur navigasi yang disediakan. Pengguna juga boleh mengulang dengar penerangan audio dan mengulang lihat animasi melalui menu kawalan pengguna yang disediakan dalam perisian multimedia interaktif ini.



Rajah 1 Perisian Multimedia Interaktif

Analisis Data

Data kajian ini di analisis dengan perisian SPSS Versi 17. Pengujian hipotesis dilaksanakan dengan menggunakan ujian T pasangan bebas.

HASIL KAJIAN

Taburan Pelajar

Jumlah sampel adalah seramai 82 orang dengan pecahan 42 pelajar adalah dikategorikan sebagai pelajar rendah tahap keupayaan spatial, manakala bakinya iaitu 40 pelajar adalah tergolong dalam kategori pelajar berkeupayaan spatial tinggi.

Homogen Ujian Pra Prestasi Kognitif

Ujian T kumpulan bebas yang dilakukan pada aras keertian $\alpha=0.05$ mendapati tiada perbezaan yang signifikan prestasi ujian pra prestasi kognitif antara dua kumpulan pelajar yang berbeza tahap keupayaan spatial ($t(82)=0.505$, $p=0.624$) dengan hasil ujian Levene untuk kesetaraan varians menunjukkan bahawa populasi varians adalah setara dengan nilai $F=0.243$ dan nilai $p>0.05$. Ini menunjukkan bahawa semua pelajar adalah homogen pada aspek pengetahuan berkenaan dengan biologi sel.

Pengujian Hipotesis

Ujian T kumpulan bebas yang dilakukan pada aras keertian $\alpha=0.05$ mendapati tiada perbezaan yang signifikan bagi prestasi ujian pos prestasi kognitif antara dua kumpulan pelajar yang berbeza tahap keupayaan spatial ($t(82)= 0.295$, $p=0.769$).

Jadual 1 Skor purata, sisihan piawai dan ujian T bagi ujian pra dan ujian pos prestasi kognitif

Pembolehubah	Purata (Sisihan Piawai)		t	df	Nilai P
	Spatial Tinggi	Spatial Rendah			
Ujian Pra	13.40 (13.40)	14.89 (13.53)	0.505	82	0.624
Ujian Pos	27.43 (12.27)	26.65 (12.01)	0.295	82	0.769

PERBINCANGAN

Tujuan kajian ini adalah untuk mengkaji penggunaan perisian multimedia interaktif terhadap prestasi kognitif dalam bidang sains biologi bagi pelajar yang berbeza tahap keupayaan spatial. Keupayaan spatial adalah merupakan satu elemen penting yang mempengaruhi pembelajaran pelajar dalam persekitaran multimedia yang berkaitan dengan bidang sains (Mayer & Sims, 1994). Pembelajaran sains biologi mempunyai hubungan yang rapat dengan keupayaan spatial. Ini adalah kerana pelajar perlu menggunakan keupayaan spatial bagi memahami perhubungan struktur organel sains biologi. Pembelajaran dengan multimedia mempunyai hubungan langsung dengan keupayaan spatial kerana pelajar perlu menggunakan kapasiti ingatan visual bagi melakukan koordinasi maklumat yang diterima melalui deria lihat atau menterjemahkan maklumat yang diterima melalui saluran mata kepada perwakilan visual (Mayer & Sims, 1994).

Analisis perbandingan prestasi kognitif bagi pelajar yang berbeza keupayaan spatial dalam pembelajaran dengan perisian multimedia interaktif menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan antara kumpulan pelajar berkeupayaan spatial tinggi berbanding dengan rakan pelajar berkeupayaan

spatial rendah. Dapatan kajian ini yang menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan antara pelajar berkeupayaan tinggi berbanding dengan pelajar berkeupayaan spatial rendah adalah berbeza dengan hasil kajian oleh Mayer dan Sims (1994). Mayer dan Sims yang mengkaji kesan multimedia untuk pelajar berbeza keupayaan spatial mendapati pelajar berkeupayaan spatial tinggi memperoleh skor yang signifikan lebih baik berbanding dengan pelajar berkeupayaan spatial rendah. Perbezaan antara hasil kajian ini berbanding dengan kajian Mayer dan Sims tersebut adalah mungkin disebabkan oleh faktor perbezaan jenis persembahan imej yang digunakan dalam kajian ini. Dalam kajian mereka, imej yang digunakan adalah ilustrasi dua dimensi manakala dalam kajian ini, imej yang digunakan ialah imej tiga dimensi. Penggunaan imej tiga dimensi meningkatkan beban kognitif pada saluran visual pelajar dan seterusnya mempengaruhi keupayaan ingatan kerja pelajar untuk melakukan pemprosesan aktif dengan lebih berkesan.

Faktor kedua perbezaan antara kajian ini dengan kajian Mayer dan Sims (1994) ialah kawalan pengguna. Kajian mereka menggunakan strategi kawalan sistem dengan persembahan multimedia yang dikawal oleh komputer, manakala dalam kajian ini strategi kawalan pengguna telah diaplikasi. Pelajar yang menggunakan perisian multimedia interaktif akan dapat mengulang semua persembahan bahan multimedia. Situasi ini mungkin dapat membantu pelajar berkeupayaan spatial rendah apabila mereka tidak menghadapi tekanan untuk mengekalkan bahan pembelajaran pada saluran visual. Keadaan ini berbeza dengan pembelajaran dalam kawalan sistem di mana pelajar terpaksa mengingati maklumat visual yang diterima. Usaha untuk mengingati maklumat berkenaan menyebabkan pelajar berkeupayaan spatial rendah mengalami masalah lebih beban kognitif. Situasi dengan kawalan sistem mungkin memberikan kelebihan kepada pelajar berkeupayaan spatial tinggi kerana mereka dapat menggunakan lebih sumber kognitif untuk mengekalkan maklumat dan seterusnya memproses maklumat yang diterima dengan lebih berkesan.

Kesan perbezaan keupayaan spatial terhadap prestasi pembelajaran dalam persekitaran kawalan pengguna adalah kurang kerana pelajar berkeupayaan spatial rendah berpeluang untuk mengulang semula bahan pembelajaran yang berkaitan. Keadaan ini memberikan peluang yang sama kepada pelajar berkeupayaan spatial rendah dan pelajar berkeupayaan spatial tinggi untuk memahami bahan pembelajaran yang disampaikan melalui koswer multimedia. Berdasarkan kepada kenyataan ini, maka mungkin dapat dicadangkan bahawa perbezaan keupayaan spatial hanya memberikan kesan apabila pelajar belajar menggunakan koswer multimedia yang menggunakan kawalan sistem berbanding dengan kawalan pengguna. Selain itu, penggunaan perwakilan tiga dimensi juga mungkin memberikan kesan kepada pembelajaran pelajar berkeupayaan spatial tinggi.

IMPLIKASI, BATASAN DAN KAJIAN LANJUTAN

Hasil kajian yang dijalankan mendapati bahawa perisian multimedia interaktif dapat menyokong pelajar yang berbeza tahap keupayaan spatial dalam pembelajaran sains biologi. Berdasarkan kepada keadaan ini, maka dapatlah dicadangkan bahawa prinsip reka bentuk mesej multimedia yang berasaskan kepada prinsip multimedia, prinsip modaliti, prinsip pertindanan dan prinsip interaktivi sesuai digunakan dalam menghasilkan perisian multimedia interaktif untuk pembelajaran sains. Kawalan pengguna adalah penting dalam membantu para pelajar untuk menguruskan sumber kognitif secara berkesan dalam pembelajaran dengan perisian multimedia interaktif.

Hasil kajian ini sangat bergantung kepada konteks pembelajaran sains biologi, penggunaan perisian multimedia interaktif dan eleme reka bentuk mesej multimedia. Oleh demikian, hasil kajian ini mungkin hanya sesuai dalam bidang sains biologi yang berorientasikan visual dan seni. Selari dengan keadaan ini, maka pengulangan kajian ini dengan bidang sains yang lain seperti bidang sains fizik atau sains kimia wajar dilaksanakan. Ini akan dapat membantu dalam menghasilkan keputusan yang lebih komprehensif dan lengkap. Selain itu, kajian ini yang dilaksanakan dalam konteks pengajian tinggi wajar dikembangkan ke peringkat pengajian rendah dan pendidikan menengah.

KESIMPULAN

Pendidikan sains yang berkualiti dan dapat menyumbang kepada pembinaan takungan pelajar yang menguasai bidang sains dengan cemerlang telah menjadi teras kepada pelaksanaan pendidikan di Malaysia. Keperluan ini lebih mendesak selari dengan petunjuk prestasi pelajar Malaysia yang rendah berbanding dengan negara lain dalam kajian antarabangsa seperti TIMSS dan PISA (Kementerian Pendidikan Malaysia, 2013). Dapatan kajian terdahulu yang menunjukkan bahawa prestasi pelajar dalam bidang sains yang dipengaruhi oleh tahap keupayaan pelajar (Andersen, 2014; Höffler, 2010; Liner, M, 2012; Stieff & Uttal, 2015). Keadaan ini memberi cabaran kepada pihak yang berkenaan dalam menghasilkan strategi pengajaran yang dapat menyokong semua golongan pelajar. Selari dengan keperluan ini, maka dapatan kajian ini yang menunjukkan wujud kesan yang positif dalam pembelajaran sains biologi dalam kalangan pelajar rendah dan tinggi keupayaan spatial membawa harapan untuk pelaksanaan strategi pengajaran dalam pendidikan sains yang dapat memberi impak positif pada semua pelajar tanpa terbatas kepada tahap keupayaan spatial pelajar. Melalui kajian ini juga, maka dapatlah dikatakan bahawa teknologi multimedia mungkin dapat membantu menangani masalah kekurangan pelajar berkeupayaan spatial rendah dalam mempelajari bidang sains seperti biologi yang berorientasikan visual dan seni. Justeru, dapatlah dicadangkan bahawa teknologi teknologi multimedia sesuai untuk digunakan untuk menghasilkan perisian visualisasi dalam pembelajaran sains yang berorientasikan visual.

RUJUKAN

- Andersen, L. (2014). Visual-spatial ability: Important in STEM, ignored in gifted education. *Roeper Review*, pp. 114-121. doi:10.1080/02783193.2014.884198.
- Bodner, G.M. & Guay, R.B. (1997). The purdue visualization of rotation test. *The Chemical Educator*, 2 (4), pp. 1-17.
- Creswell, J. W. (2009). *Research design: Qualitative, quantitative and mixed method approaches*. California: SAGE Publications. Inc.
- Deratzou, S. (2006). *A qualitative inquiry into the effect of visualisation on high school Chemistry Student's Learning Process of Molecular Structure*. Disertasi Doktor Falsafah tidak diterbitkan. Drexel University.
- Dow, W. (2006). The need to change pedagogies in science and technology subjects: A European perspective. *International Journal Technology Design Education*, 16 (3), pp. 307-321.
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: Theory of multiple intelligences*. New York: Basic Book.
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. Dalam J.K Gilbert, M. Reiner, & M.Nakhleh. (Eds.). *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. Netherland: Springer, pp. 3-24.
- Gog, T. & Rummel, N. (2010). Example-based learning: Integrating cognitive and social-cognitive research perspectives. *Educational Psychology Review*. 22(2), 155-174. doi:10.1007/s10648-010-9134-7.
- Hegarty, M., & Kozhevnikov, M. (1999). Spatial abilities, working memory and mechanical reasoning. Dalam J. Gero & B. Tversky (Eds.). *Visual and Spatial Reasoning in Design*. Sydney, Australia: University of Sydney, pp. 221-241.
- Hegarty, M., & Waller, D. (2005). Individual differences in spatial abilities. Dalam P. Shah & A. Miyake (Eds.). *The Cambridge Handbook of Visual Spatial Thinking*. Cambridge, England: Cambridge University Press, pp. 121-169.
- Hegarty, M., Keehner, M., Khooshabeh, P., & Montello, D. R. (2009). How spatial abilities enhance, and are enhanced by, Dental Education. *Learning and Individual Differences*. 19(1), pp. 61-70. doi:10.1016/j.lindif.2008.04.006.
- Höffler, T. N. (2010). Spatial ability: Its influence on learning with visualizations: A meta-analytic review. *Educational Psychology Review*. 22(3), pp. 245-269. doi:10.1007/s10648-010-9126-7.
- Höffler, T. N. & Leutner, D. (2011). Computers in human behavior the role of spatial ability in learning from instructional animations: Evidence for an ability-as-compensator hypothesis. *Computers in Human Behavior*. 27, pp. 209-216. doi:10.1016/j.chb.2010.07.042.
- Huk, T. (2006). *Who benefits from learning with 3D models? The case of spatial ability*. pp. 392-404.
- Jang, S., Black, J. B., & Jyung, R. W. (n.d.). Embodied cognition and virtual reality in learning to visualize anatomy. *Research Design and Questions*. pp. 2326-2331.
- Kaufman, S. B. (2006). Sex differences in mental rotation and spatial visualization ability: Can they be accounted for by differences in working memory capacity? *Intelligence*. 35 (3), pp. 211-223.
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2013). *Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia 2013-2025*. Putrajaya: Kementerian Pendidikan Malaysia.
- Lee, E. A. L. & Wong, K. W. (2014). Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. *Computers and Education*. 79, pp. 49-58. doi:10.1016/j.compedu.2014.07.010.
- Lee, E. A., Wong, K. W., & Fung, C. C. (2009). *Educational values of virtual reality: The case of spatial ability*. pp. 991-995.

- Liner, M. S. (2012). *Spatial ability and achievement in high school physics*.
- Mayer, R. E. & Sims, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86, pp. 389-401.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. Dalam R.E. Mayer, (Eds.). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press, pp. 31-48.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press. Edisi Pertama.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press. Edisi Kedua.
- Mayer, R. E. (2014). Incorporating motivation into multimedia learning. *Learning and Instruction*, 29, pp. 171–173. doi:10.1016/j.learninstruc.2013.04.003.
- Mayer, R. & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), pp. 43–52. doi:10.1207/S15326985EP3801_6.
- McMahon, G. P. (2007). Getting hots with what's in the box: Developing high order thinking skills within a technology-rich learning environment. Disertasi Doktor Falsafah tidak diterbitkan. Curtin University of Technology.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Keeney-Kennicutt, W., Kwok, O., Cifuentes, L., & Davis, T. J. (2012). The learner characteristics, features of desktop 3D virtual reality environments, and college chemistry instruction: A structural equation modeling analysis. *Computers & Education*, 59(2), pp. 551–568. doi:10.1016/j.compedu.2012.02.004.
- Mnguni, L. E. (2014). The theoretical cognitive process of visualization for science education. *Springe Plus*, 3(1), pp. 184. doi:10.1186/2193-1801-3-184.
- Paas, F., Gog, T., & Sweller, J. (2010). Cognitive load theory: New conceptualizations, specifications and integrated research perspectives. *Educational Psychology Review*, 22(2), pp. 115–121. doi:10.1007/s10648-010-9133-8.
- Park, B., Plass, J. L., & Brünken, R. (2014). Cognitive and affective processes in multimedia learning. *Learning and Instruction*, 29, pp. 125–127. doi:10.1016/j.learninstruc.2013.05.005.
- Rapp, D. N. & Kurby, C.A. (2008). The 'ins' and 'outs' of learning: Internal representations and external visualizations. Dalam J.K Gilbert, M. Reiner & M. Nakhleh (Eds.). *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. Netherland: Springer, pp. 29–52.
- Spanjers, I. a. E., Gog, T., & Merriënboer, J. J. G. (2010). A theoretical analysis of how segmentation of dynamic visualizations optimizes students' learning. *Educational Psychology Review*, 22(4), pp. 411–423. doi:10.1007/s10648-010-9135-6.
- Stieff, M. & Uttal, D. (2015). How much can spatial training improve STEM achievement? *Educational Psychology Review*. doi:10.1007/s10648-015-9304-8.
- Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22(2), pp. 123–138. doi:10.1007/s10648-010-9128-5.
- Yang, E., Andre, T., & Greenbowe, T. J. (2003). Spatial ability and the impact of visualization on learning electrochemistry. *International Journal of Science Education*, 25(3), pp. 329-349.
- Wang, H. (2007). The comparative efficacy of 2D-versus 3D-based media design for influencing spatial Visualization Skills. *Computers in Human Behavior*, 23, pp. 1943–1957. doi:10.1016/j.chb.2006.02.004.
- Wilkinson, D. (2004). *Effects of prior knowledge and spatial ability on learning outcomes and cognitive load associated with rich and lean multimedia presentation*. Disertasi Doktor Falsafah tidak diterbitkan. The University of Kansas, Kansas.