

## **APLIKASI PERISIAN VISUALISASI TIGA DIMENSI DALAM PEMBELAJARAN SAINS BIOLOGI: IMPLIKASI TERHADAP PELAJAR BERBEZA KEUPAYAAN SPATIAL**

<sup>1</sup>Che Soh Said, <sup>2</sup>Irfan Naufal Umar, <sup>3</sup>Balakrisnan Muniandy, <sup>4</sup>Shakinaz Desa  
<sup>5</sup>Hafizul Fahri Hanafi

<sup>1,4,5</sup>Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia  
<sup>2,3</sup>Universiti Sains Malaysia, Malaysia

### **Abstrak**

Tujuan kajian ini adalah bagi mengenalpasti kesan perbezaan tahap keupayaan spatial pelajar terhadap prestasi kognitif dalam pembelajaran subjek biologi sel dengan menggunakan perisian visualisasi tiga dimensi. Perisian visualisasi tiga dimensi dihasilkan dengan menggunakan teknologi realiti maya dalam persekitaran web. Prestasi kognitif diukur dengan menggunakan ujian pencapaian. Reka bentuk kajian kuasi eksperimen digunakan dalam kajian ini. Seramai enam puluh satu 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 pelajar berbeza keupayaan yang mengikuti pembelajaran dengan perisian visualisasi tiga dimensi. Hasil kajian ini menunjukkan perisian visualisasi tiga dimensi dapat membantu pelajar berkeupayaan spatial rendah untuk mempelajari subjek sains biologi seiring dengan pelajar berkeupayaan spatial tinggi. Dapatan menunjukkan bahawa teknologi realiti mungkin berpotensi untuk digunakan dalam pembelajaran bidang berorientasikan spatial dalam disiplin sains biologi.

**Kata kunci** *Visualisasi Tiga Dimensi, Realiti Maya Web, Keupayaan Spatial, Sains Biologi.*

### **Abstract**

This research is to distinguish the deviations spatial abilities, learning towards cognitive achievement in biology subject, peculiarly in a cell with three dimensional software application. The software for three dimensional visualization was implemented with virtual reality in a web environment. The cognitive abilities were measured in achievement test. and A quasi pretest-posttest experiment design was employed for this study. Sixty one student was opted from diverse groups in selected university and the group was discerned based on previous years. The results depicted on that point are no significant differences in spatial abilities in a group that was treated in learning throughout three dimensional visualization. The outcome manifests

that the application software for three dimensional can avail students that have low spatial abilities to learn biological sciences comparability with students that pitch high spatial abilities. The results as well indicate that virtual reality presents a sound potential in spatial preference in a biological discipline.

**Keywords** *Three Dimensional Visualization, Web Virtual Reality, Spatial Abilities, Biological Science*

## PENGENALAN

Disiplin sains biologi adalah berkaitan dengan benda hidup. Ilmu sains biologi adalah luas, sangat kompleks, tidak lengkap dan wujud dalam struktur tidak tersusun (Wandersee, Fisher & Moody, 2002). Ilmu sains biologi merangkumi pembelajaran berkaitan dengan sel, genetik, ekologi, biodiversiti, fisiologi dan bioteknologi (Alters & Alters, 2006). Biologi sel adalah antara ilmu teras dalam disiplin biologi. Sel terbahagi kepada dua kategori iaitu sel *eukaryotic* dan sel *prokaryotic*. Sel *eukaryotic* adalah terdiri daripada dua jenis iaitu sel haiwan dan sel tumbuhan. Sel adalah sangat seni dengan ukuran diameter daripada 10 hingga 30 nanometer (Alters & Alters, 2006). Oleh kerana ia sangat seni, maka sel tidak dapat dilihat dengan menggunakan mata kasar. Menurut Huk (2006), situasi sel yang tidak dapat dilihat dengan mata kasar menjadi antara halangan utama pembelajaran dalam kalangan pelajar. Ini adalah kerana pembelajaran subjek atau konsep yang abstrak dan kompleks seperti biologi sel memerlukan situasi pembelajaran yang membolehkan pelajar membuat pemerhatian langsung (Nikolou, Mikropoulos & Katsikis, 2004, Karp, 2008).

## PERNYATAAN MASALAH

Alat visualisasi lazim digunakan sebagai media yang membantu penyiasatan langsung dalam pembelajaran sains (Rapp & Kurby, 2008). Ini kerana alat visualisasi berperanan dalam membantu pelajar membina makna atau perwakilan dalaman (Gilbert, 2010). Penggunaan alat visualisasi dalam bidang pendidikan sains juga dapat memberi kesan kepada pembinaan model mental (Mnguni, 2014). Amalan semasa dalam pembelajaran sains adalah menggunakan ilustrasi atau imej dua dimensi yang dipaparkan samada melalui buku teks atau alat tayang LCD. Menurut Hay (1996), pelajar sukar untuk memahami konsep biologi sel apabila ia dipelajari dengan menggunakan perwakilan dua dimensi sama ada dalam buku, atau laman web. Keadaan ini berlaku kerana pelajar memerlukan input daripada segi kedalaman objek bagi membantu mereka untuk membina model mental sel dan komponennya dalam bentuk tiga dimensi (Huk, 2006). Masalah ini lebih ketara apabila melibatkan pelajar yang mempunyai tahap keupayaan spatial yang rendah (Berney, Bétrancourt, Molinari, & Hoyek, 2015; Hegarty, 2007) Kenyataan ini adalah selari dengan kajian lepas yang melaporkan bahawa terdapat perkaitan di antara keupayaan spatial dengan pencapaian pelajar dalam bidang sains (Guillort et al., 2007; Grabow, 2013; Keehner et al., 2004, Urhahne, Nick dan Schanze, 2008). Hasil kajian berkenaan juga melaporkan bahawa pelajar yang mempunyai tahap keupayaan spatial yang tinggi selalu memperoleh pencapaian yang lebih baik

dalam pembelajaran sains berbanding dengan rakan pelajar mereka yang rendah tahap keupayaan spatial (Hoffler & Leutner, 2011; Meneghetti, Gyselinck, Pazzaglia, & Beni, 2009).

Situasi ini memberikan cabaran dalam pelaksanaan pengajaran dan pembelajaran sains biologi. Ini kerana pengajaran sains sepatutnya dapat menyediakan persekitaran pembelajaran yang seimbang untuk semua pelajar belajar dengan efisien dan efektif. Justeru, usaha perlu dilakukan dalam pembelajaran sains supaya teknologi visualisasi yang digunakan dapat membantu semua pelajar. Sejalan dengan perkembangan semasa dalam bidang komputeran, suatu teknologi yang kian mendapat perhatian para penyelidik dalam penggunaan alat visualisasi dalam pembelajaran sains ialah teknologi realiti maya (Hassinger et al., 2010; Id, Author, & Kelc, 2012). Keadaan ini dipacu melalui dapatan pelbagai kajian yang melaporkan kesan yang positif terhadap penggunaan teknologi realiti maya dalam pembelajaran sains (Arikh et al., 2004; Huang, Rauch, & Liaw, 2010; Jang, Black, & Jyung, n.d.; Merchant et al., 2012; Nguyen, Nelson, & Wilson, 2012). Namun demikian, kajian berkenaan tidak melaporkan kesan kajian bagi pelajar yang berbeza tahap keupayaannya. Oleh demikian, maka kajian ini dilakukan bagi mengenalpasti kesan perisian alat visualisasi tiga dimensi yang dibina dengan menggunakan teknologi realiti maya terhadap prestasi kognitif bagi pelajar yang berbeza tahap keupayaan spatial.

## **SOROTAN LITERATUR**

### ***Visualisasi***

Umumnya, visualisasi diterima oleh komuniti pendidikan sebagai alat pengajaran yang efektif (Vavra et al., 2005). Gobert (2005) membahagikan visualisasi kepada tiga kategori iaitu visualisasi luaran, visualisasi dalaman dan visualisasi sebagai keupayaan spatial. Perwakilan luaran adalah merangkumi pelbagai alat visual yang digunakan dalam pembelajaran sains. Ini termasuklah rajah, grafik, ilustrasi, model dan simulasi. Manakala visualisasi dalaman adalah berkaitan dengan proses pembinaan model mental dalam ingatan manusia (Johnson-Laird, 1985). Menurut Hoffler (2010), keupayaan spatial adalah kebolehan manusia untuk memanipulasi dan mengekalkan maklumat berbentuk model mental dalam ingatan kerja manusia. (Mnguni, 2014) menjelaskan bahawa proses pembelajaran dengan alat visualisasi mengandungi tiga fasa yang saling berkait. Fasa-fasa berkenaan adalah fasa internalisasi model visual, fasa pengkonsepan model visual dan fasa eksternalisasi model visual. Pelbagai kajian yang dilaksanakan dalam pendidikan sains mendapati visualisasi memberi impak yang positif terhadap pencapaian pelajar.

### ***Teknologi Realiti Maya***

Teknologi realiti maya dikatakan adalah suatu set teknologi baharu yang berpotensi untuk digunakan bagi menghasilkan pelbagai aplikasi dalam pelbagai bidang termasuklah pendidikan (McLellan, 2004). Ini kerana teknologi realiti maya dapat digunakan bagi menghasilkan dunia maya tiga dimensi masa sebenar dengan fitur

rangsangan visual, aural dan sentuhan (Sanchez, Barreiro & Maojo, 2000). Ciri-ciri utama teknologi realiti maya ialah persekitaran tiga dimensi, interaktiviti dengan pandangan orang pertama (Winn, 1993), perwakilan berbilang (Mikropoulos et al., 2003; Chittaro & Ranon, 2007), dan multimedia (Chittaro & Ranon, 2007). Selain itu menurut Sala (2003), teknologi realiti maya juga menyokong eksplorasi pada aras mikroskopik atau makroskopik. Proses eksplorasi pada pelbagai aras dan sudut pandangan ini akan dapat membantu pelajar memahami perhubungan spatial sesuatu konsep (Dalgarno & Lee, 2010). Berdasarkan kepada ciri-cirinya yang unik, Winn & Jackson (1999) menyatakan bahawa teknologi realiti maya boleh menyokong pembelajaran yang melibatkan konsep sains yang abstrak dan kompleks.

Realiti maya dapat dikategorikan kepada dua jenis iaitu realiti maya imersif dan realiti maya tanpa imersif (E. A. L. Lee & Wong, 2014). Realiti maya immersif adalah merupakan teknologi terawal realiti maya yang telah dicipta pada tahun 60an. Namun begitu, penggunaannya dalam bidang pendidikan amat terhad kerana faktor kos yang tinggi, sistem yang kompleks dan masalah *motion-sickness* (Chittaro & Ranon, 2007). Justeru, realiti maya tanpa imersif adalah lebih praktikal dalam bidang pendidikan kerana ia boleh dibangunkan dalam persekitaran web serta menyediakan akses dengan kos yang rendah berbanding dengan realiti maya imersif. Tambahan pula, teknologi realiti maya desktop juga menyediakan fitur yang hampir serupa dengan teknologi realiti maya immersif. Fitur ini termasuklah persekitaran dunia tiga dimensi, eksplorasi berbilang dimensi, manipulasi, dan interaksi pada pandangan orang pertama (Chittaro & Ranon, 2007, Dalgarno et al., 2010).

Impak positif teknologi realiti maya dalam pembelajaran juga disokong dengan dapatan kajian terdahulu menunjukkan teknologi realiti maya memberikan impak yang positif dalam pembelajaran. (Cohen, Lohani, & Manjila, 2013; Demaree, Stonebraker, Zhao, & Bao, 2005; Merchant et al., 2012).

### ***Keupayaan Spatial***

Keupayaan spatial boleh dinyatakan sebagai keupayaan mental individu untuk membina, mengekal, mengingat dan memanipulasikankan imej visual (Lohman, 2003 ; Colom, Contreas, Botella dan Santrecau, 2001). Keupayaan spatial dikenal pasti sebagai salah satu daripada komponen kepintaran seseorang (Hoffler, 2010a; Kaufman, 2007). Oleh yang demikian, keupayaan spatial boleh mempengaruhi pencapaian kognitif pelajar. Bodner dan Guay (1997) membahagikan keupayaan spatial kepada dua dimensi iaitu visualisasi spatial dan orientasi spatial. Visualisasi spatial ialah kebolehan individu untuk melakukan proses pengkodan dan transformasi bentuk spatial dalam minda tanpa bergantung pada kelajuan putaran berkenaan (Hegarty & Kozhevnikov, 1999). Manakala, orientasi spatial kebolehan untuk mengekalkan orientasi spatial sesuatu objek (Kaufman, 2006). Pelbagai kajian yang dilakukan oleh penyelidik mendapati keupayaan spatial mempengaruhi pencapaian pelajar dalam bidang sains termasuklah biologi (Keehner et al., 2004; Urhahne, Nick & Schanze, 2008; Grabow, 2003). Penyelidikan berkaitan dengan penggunaan realiti maya dalam pembelajaran sains

melaporkan bahawa terdapat perhubungan antara tahap keupayaan spatial pelajar dengan pencapaian pelajar dengan pembelajaran menggunakan perisian realiti maya (E. A. Lee, Wai, & Che, 2010; Merchant, Goetz, Cifuentes, Keeney-Kennicutt, & Davis, 2014).

### ***Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia***

Teori kognitif pembelajaran multimedia adalah teori asas dalam reka bentuk mesej multimedia (Mayer, 2009). Teori ini menghuraikan bahawa model mental verbal dan model mental visual akan dibina dalam ingatan kerja manusia hasil daripada proses kognitif yang berlaku apabila ingatan kerja menerima maklumat multimedia melalui deria penglihatan dan deria pendengaran. Munzer, Seufert, & Brunken (2009) menjelaskan bahawa proses kognitif itu adalah bergantung kepada sumber kognitif dalam ingatan kerja. Sumber kognitif adalah berkait langsung dengan keupayaan spatial pelajar. Oleh demikian, Mayer dan Sims (1994) mencadangkan bahawa pelajar yang mempunyai tahap keupayaan spatial yang lebih tinggi akan mempunyai kelebihan berbanding rakan pelajar mereka yang rendah tahap keupayaannya. Seajar dengan andaian ini, maka para pelajar yang rendah tahap keupayaan spatial akan mengalami masalah dalam menghasilkan perwakilan model mental struktur tiga dimensi seperti biologi sel apabila belajar dengan alat visualisasi dua dimensi (i.e rajah, ilustrasi, grafik). Andaian ini di sokong oleh kajian analisis meta oleh Hoffer (2010) yang mendapati pelajar yang tinggi tahap keupayaan spatial menunjukkan prestasi yang lebih baik berbanding dengan pelajar yang rendah apabila belajar dengan alat visualisasi statik.

### **OBJEKTIF KAJIAN DAN HIPOTESIS KAJIAN**

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

- H<sub>0</sub>1      Terdapat perbezaan yang signifikan terhadap prestasi kognitif pelajar yang berbeza tahap keupayaan spatial dalam pembelajaran biologi sel dengan perisian visualisasi tiga dimensi.

## **METODOLOGI KAJIAN**

### ***Sampel***

Seramai 61 orang pelajar program pendidikan sains daripada Universiti Pendidikan Sultan Idris terlibat dalam kajian ini (18 orang pelajar lelaki dan 43 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 biologi sel. Proses rawatan dengan perisian visualisasi tiga dimensi 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 biologi sel. Ujian pos prestasi kognitif biologi sel ditadbir sebaik sahaja semua pelajar tamat menerima rawatan dengan perisian visualisasi tiga dimensi.

### ***Instrumen***

Tiga instrumen yang digunakan dalam kajian ini. Instrumen berkenaan adalah ujian keupayaan spatial, ujian pra prestasi kognitif biologi sel dan ujian pos prestasi kognitif biologi sel. 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 adakah pelajar rendah tahap keupayaan spatialnya.

Ujian pra dan ujian pos prestasi kognitif biologi sel 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 ( $\alpha$  Cronbach = 0.71).

### *Perisian Visualisasi Tiga Dimensi Biologi Sel*

Modul pembelajaran yang digunakan ialah perisian visualisasi tiga dimensi yang telah dihasilkan penyelidik dengan menggunakan teknologi realiti maya web. Perisian visualisasi ini mengandungi tiga bahagian utama ialah pengenalan kepada biologi sel, sel haiwan dan sel tumbuhan. Perisian visualisasi yang dibina ini telah dinilai oleh dua orang pakar kandungan. Penilaian dilakukan oleh pakar kandungan bagi memastikan kandungan adalah tepat dan benar. Pengujian kebolegunaan perisian yang dilakukan dalam kalangan pelajar. Tujuan pengujian kebolegunaan adalah bagi memastikan perisian berkenaan adalah memenuhi tahap kebolegunaan perisian dan tidak mempunyai kecatatan teknikal. Perisian visualisasi tiga dimensi biologi sel menyediakan fitur untuk pengguna meneroka atau memvisualisasi struktur sel pada aras makroskopik dan mikroskopik. Disamping itu, perisian ini juga menyediakan penerangan dalam mod audio semasa pelajar meneroka struktur sel berkenaan.



Rajah 1 Perisian Visualisasi Tiga Dimensi Biologi Sel

### *Analisis Data*

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

## HASIL

### *Taburan pelajar*

Jumlah sampel adalah seramai 61 orang dengan pecahan 26 pelajar adalah dikategorikan sebagai pelajar rendah tahap keupayaan spatial, manakala bakinya iaitu 25 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 ( $t(49)= 0.66$ ,  $p =0.510$ ) dengan hasil ujian Levene untuk kesetaraan varians menunjukkan bahawa populasi varians adalah setara dengan nilai  $F = 1.492$  dan nilai  $p > 0.05$ . Ini menunjukkan bahawa semua pelajar adalah homogen pada aspek pengetahuan berkenaan dengan biologi sel.

### *Pengujian hipotesis*

Namun begitu, 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 ( $t(49)= -0.121$ ,  $p =0.904$ ).

**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	3.76 (1.98)	4.23 (2.97)	0.662	49	0.510
Ujian Pos	19.04 (6.71)	18.81 (6.96)	- 0.121	49	0.904

## PERBINCANGAN

Tujuan kajian ini adalah untuk mengkaji kesan pembelajaran biologi sel dengan perisian visualisasi tiga dimensi dalam kalangan pelajar yang berbeza tahap keupayaan spatial. Hasil daripada kajian ini menunjukkan bahawa perisian visualisasi tiga dimensi memberi kesan yang hampir seimbang terhadap pencapaian pelajar tanpa mengira perbezaan tahap keupayaan spatialnya. Ini dibuktikan dengan prestasi pelajar antara kedua-dua kumpulan yang melalui rawatan dengan perisian visualisasi tiga dimensi memperoleh skor ujian pasca yang hampir sama. Dapatan kajian ini adalah selari dengan hasil kajian berkaitan dengan penggunaan realiti maya dalam pembelajaran sains (Jang et al., n.d.; E. A. Lee, Wong, & Fung, 2009), yang juga menunjukkan bahawa tiada perbezaan yang signifikan bagi prestasi pelajar berbeza tahap keupayaan spatial. Namun hasil



kajian ini agak berbeza dengan kajian Huk (2006) yang mendapati pencapaian pelajar yang tinggi tahap keupayaan spatial adalah lebih baik berbanding dengan rakan pelajar mereka dalam pembelajaran biologi sel dengan menggunakan model tiga dimensi. Huk (2006) menjelaskan perbezaan ini berlaku kerana pelajar berkeupayaan spatial tinggi mempunyai lebih sumber kognitif berbanding dengan pelajar rendah keupayaan. Lebihan sumber kognitif ini membantu pelajar untuk membina model mental daripada visualisasi model tiga dimensi yang digunakan dalam kajian berkenaan. Kelebihan ini dinyatakan oleh Mayer dan Sims (1994) sebagai '*ability-as-enhancer hypothesis*'. Menurut Mayer dan Sims (1994), pelajar dengan keupayaan spatial tinggi dapat memperuntukan sumber kognitif yang mencukupi dalam membina model berdasarkan kepada persembahan maklumat visual dan aural.

Data kajian ini yang menunjukkan bahawa tiada perbezaan prestasi antara pelajar berkeupayaan spatial rendah dengan pelajar berkeupayaan spatial tinggi mencadangkan bahawa penggunaan perisian visualisasi tiga dimensi telah dapat menampung kekurangan sumber kognitif pelajar yang rendah tahap spatialnya. Dalam makna lain, fitur eksplorasi dan manipulasi dalam teknologi realiti maya yang diterapkan perisian visualisasi tiga dimensi menjadi perancah yang dapat menampung kekurangan sumber kognitif pelajar berkeupayaan spatial rendah. Fungsi perancah ini mungkin hanya sesuai untuk pelajar keupayaan spatial rendah kerana pelajar keupayaan spatial tinggi telah mempunyai sumber kognitif yang mencukupi dalam membina perwakilan mental dalam ingatan kerja.

Hasil kajian ini sangat bergantung kepada konteks pembelajaran biologi dan penggunaan perisian visualisasi tiga dimensi. 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; Hoffer, 2010b; Liner, M, 2012; Stieff & Uttal, 2015) technology, engineering, and mathematics (STEM. 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 biologi sel 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 realiti maya 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 realiti maya sesuai untuk digunakan untuk menghasilkan perisian visualisasi tiga dimensi dalam pembelajaran sains yang berorientasikan visual.

## RUJUKAN

- Andersen, L. (2014). Visual–Spatial Ability: Important in STEM, Ignored in Gifted Education. *Roeper Review*, 36(April 2015), 114–121. doi:10.1080/02783193.2014.884198.
- Alters, S., & Alters, B. (2006). *Biology*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Arih, M. A. P., Asmussen, M. A. R. Y. R., Rubaker, L. I. B., Alomon, C. A. S., Akamoto, K. Y. S., Venhouse, R. A. E., Amaser, M. A. S. D. (2004). *Three Dimensional Virtual Reality Model of the Normal Female Pelvic Floor*, 32(2), 292–296.
- Berney, S., Bétrancourt, M., Molinari, G., & Hoyek, N. (2015). How spatial abilities and dynamic visualizations interplay when learning functional anatomy with 3D anatomical models. *Anatomical Sciences Education*, 00, n/a–n/a. doi:10.1002/ase.1524.
- Bodner, G.M. & Guay, R.B.(1997). The purdue visualization of rotation test. *The Chemical Educator*, 2 (4), 1-17.
- Chittaro, L., & Ranon, R. (2007). Web3D technologies in learning, education and training: Motivations, issues, opportunities. *Computers & Education*, 49, 3–18.
- Cohen, A. R., Lohani, S., & Manjila, S. (2013). Virtual reality simulation : basic concepts and use in endoscopic neurosurgery training, 1235–1244. doi:10.1007/s00381-013-2139-z.
- Demaree, D., Stonebraker, S., Zhao, W., & Bao, L. (2005). Virtual reality in introductory physics laboratories. *Virtual Reality*, 93–97.
- Grabow, R. (2003). *The relationship of visual spatial ability performance in solving stoichiometric problems in a high school chemistry class*. Disertasi doktor falsafah tidak diterbitkan. California State University, Long Beach CA.
- Guillot, A., Champely, S., Batier, C., Thiriet, P. et al. (2007). Relationship between spatial abilities, mental rotation and functional anatomy learning. *Advances in Health Sciences Education*, 12, 491-507.
- Hay, T.A. (1996). Spatial abilities and the effects of computer animation on short -term and long-term comprehension. *Journal of Educational Computing Research*, 14 (2), 139-155.
- Hassinger, J. P., Dozois, E. J., Holubar, S. D., Camp, J. C., Farley, D. R., Fidler, J. L., Larson, D. W. (2010). Virtual Pelvic Anatomy Simulator : A Pilot Study of Usability and Perceived Effectiveness. *Journal of Surgical Research*, 161(1), 23–27. doi:10.1016/j.jss.2009.06.016.
- Hegarty, M. (2007). The Role of Spatial Thinking in Undergraduate Science Education. *Thinking*, 1–34.

- 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), 61–70. doi:10.1016/j.lindif.2008.04.006.
- Hoffler, T. N. (2010a). Spatial Ability : Its Influence on Learning with Visualizations - a Meta-Analytic Review. *Educational Psychology Review, 245*–269. doi:10.1007/s10648-010-9126-7.
- Hoffler, T. N. (2010b). Spatial Ability: Its Influence on Learning with Visualizations - a Meta-Analytic Review. *Educational Psychology Review, 22*(3), 245–269. doi:10.1007/s10648-010-9126-7
- Hoffler, 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, *27*, 209–216. doi:10.1016/j.chb.2010.07.042.
- Huang, H., Rauch, U., & Liaw, S. (2010). Computers & Education Investigating learners ' attitudes toward virtual reality learning environments : Based on a constructivist approach. *Computers & Education, 55*(3), 1171–1182. doi:10.1016/j.compedu.2010.05.014.
- Id, A., Author, C., & Kelc, R. (2012). Zygote Body : A New Interactive 3-Dimensional Didactical Tool for Teaching Anatomy *Zygote Body : A New Interactive 3-Dimensional Didactical Tool for Teaching Anatomy*.
- Jang, S. (2010). From vesalius to virtual reality: *How embodied cognition facilitates the visualization of anatomy*. Disertasi doktor falsafah tidak diterbitkan. Columbia University, Columbia.
- Jang, S., Black, J. B., & Jyung, R. W. (n.d.). *Embodied Cognition and Virtual Reality in Learning to Visualize Anatomy Research Design and Questions, 2326*–2331.
- Johnson-Laird, P.N. (1985). *Mental models*. In A. Aitken, and J. Slack (Eds.), Issues in cognitive modelling. London: LEA Publishers.
- Karp, G. (2008). *Cell and molecular biology*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Kaufman, S. B. (2007). Sex differences in mental rotation and spatial visualization ability: Can they be accounted for by differences in working memory capacity? *Intelligence, 35*(3), 211–223. doi:10.1016/j.intell.2006.07.009.
- Keehner, M. M., Tendick, F., Meng, M. V., Anwar, H. P., Hegarty, M., et al. (2004). Spatial ability, experience, and skill in laparoscopic surgery. *The American Journal of Surgery, 188*, 71–75.
- 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*, 49–58. doi:10.1016/j.compedu.2014.07.010.
- Lee, E. A., Wai, K., & Che, C. (2010). Computers & Education How does desktop virtual reality enhance learning outcomes ? A structural equation modeling approach. *Computers & Education, 55*(4), 1424–1442. doi:10.1016/j.compedu.2010.06.006.
- Lee, E. A., Wong, K. W., & Fung, C. C. (2009). Educational Values of Virtual Reality : The Case of Spatial Ability, 991–995.

- Liner, M. S. (2012). Spatial Ability and Achievement in High School Physics, (August).
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- 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, 389–401.
- Meneghetti, C., Gyselinck, V., Pazzaglia, F., & Beni, R. De. (2009). Individual differences in spatial text processing : High spatial ability can compensate for spatial working memory interference. *Learning and Individual Differences*, 19(4), 577–589. doi:10.1016/j.lindif.2009.07.007.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29–40. doi:10.1016/j.compedu.2013.07.033.
- 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), 551–568. doi:10.1016/j.compedu.2012.02.004.
- Mikropoulos, T. A., Katsikis, A., Nikolou, E., & Tsakalis, P. (2003). Virtual environment in biology teaching. *Journal of Biological Education*, 37 (4), 176-181.
- Mnguni, L. E. (2014). The theoretical cognitive process of visualization for science education. *SpringerPlus*, 3(1), 184. doi:10.1186/2193-1801-3-184.
- Münzer, S., Seufert, T., & Brünken, R. (2009). Learning from multimedia presentations : Facilitation function of animations and spatial abilities. *Learning and Individual Differences*, 19(4), 481–485. doi:10.1016/j.lindif.2009.05.001.
- Nguyen, N., Nelson, A. J., & Wilson, T. D. (2012). Computer Visualizations : Factors That Influence Spatial Anatomy Comprehension, 000. doi:10.1002/ase.1258.
- Nikolou, E., Mikropoulos, T. A., & Katsikis, A. (2004). Virtual realities in biology teaching. Dalam M. Bevan (Ed.). *Proceeding of the international conference ' virtual reality in educational and teaching*(pp. 59-63).
- Sanchez, A., Barreiro, J. S., & Maojo, V. (2000). Design of virtual reality systems for education: A cognitive approach. *Education and Information Technologies*, 5 (4), 345-362.
- Stieff, M., & Uttal, D. (2015). How Much Can Spatial Training Improve STEM Achievement? *Educational Psychology Review*. doi:10.1007/s10648-015-9304-8.
- Urhahne, D., Nick, S., & Schanze, S. (2008). The effect of three-dimensional simulations on the understanding of chemical structures and their properties. *Research in Science Education*, 39, 495–513.
- Vavra, K. L., Janjic-Watrich, V., Loerke, K., Phillips, L. M., Norris, S. P., & Macnab, J. (2005). Visualization in science education. *Ain Shams Engineering Journal*, 41(1), 22–30. doi:10.1145/1330598.1330687
- Wandersee, J.H., Fisher, K. M., & Moody, D. E. (2002). The Nature of biology knowledge. Dalam K. M. Fisher, J. H. Wandersee, & D. E. Moody (Eds.), *Mapping biology knowledge* (pp. 25-38). Kluwer Academic Publishers. New York.

- Wang, H. (2007). The comparative efficacy of 2D- versus 3D-based media design for influencing spatial visualization skills. *Computers in Human Behavior*, 23, 1943–1957. doi:10.1016/j.chb.2006.02.004.
- Winn, W., & Jackson, R. (1999) Fourteen propositions about educational uses of virtual reality. *Educational Technology*, 39 (4), 5-14.