

TEKNOLOGI REALITI LUASAN: SATU KAJIAN LEPAS

Augmented Reality Technology: A Literature Review

Roslinda Ramli, Fitri Nurul' Ain Nordin, Nor Effendy Ahmad Sokri
roslinda@kuis.edu.my, fitri.ain@kuis.edu.my, noreffendy@kuis.edu.my
Kolej Universiti Islam Antarabangsa Selangor, KUIS

ABSTRAK

Teknologi Realiti Luasan atau lebih dikenali sebagai *Augmented Reality* (AR) telah digunakan secara meluas dalam pelbagai bidang khususnya dalam dunia pendidikan. Teknik yang menggabungkan alam maya dan realiti ini menggunakan teknik pemaparan yang menarik kerana menampilkan objek 3D, animasi, audio dan video dengan hanya mengimbas kamera telefon pintar ke arah imej tertentu yang telah direka. Maka, kajian ini bertujuan untuk menyoroti kajian-kajian lepas berkaitan teknologi realiti luasan sebagai satu usaha untuk memperkenalkan teknologi ini kepada para pembaca dan penyelidik. Di samping itu, penyelidik memfokuskan peranan teknologi realiti luasan dalam bidang pendidikan dengan menghurai kelebihan dan potensi yang terdapat dalam penggunaan teknologi ini.

Kata kunci: *Augmented Reality*, Teknologi Pendidikan, Media Pembelajaran.

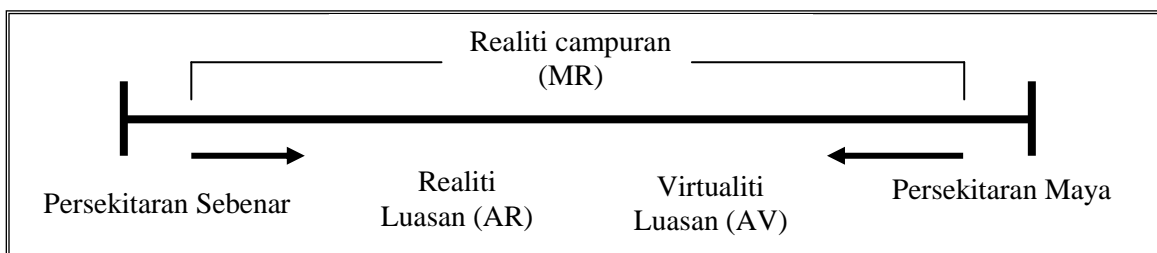
ABSTRACT

Augmented Reality technology known as AR has been widely applied in various fields, especially in education. The technique which combines the virtual and reality concepts provides attractive display of 3D objects, animations, audio and video by scanning towards a particular image called marker using the smartphone camera. Thus, this study aims to highlight the previous studies related to Augmented Reality technology in an effort to introduce this technology to the readers and researchers. In addition, the researchers focused on the role of augmented reality technology in education and elaborates its potential and advantages of using this technology.

Keywords: *Augmented Reality, Education Technology, Media and Learning.*

1.0 TEKNOLOGI REALITI LUASAN

Konsep teknologi realiti luasan (AR) mula diperkenalkan oleh Ivan Sutherland pada tahun 1965. Walau bagaimanapun, hanya pada awal 1990-an istilah *augmented reality* (AR) ataupun realiti luasan mula digunakan oleh Caudell dan Mizell (1992), yang membangunkan sebuah sistem AR sebagai satu alat untuk melatih pekerja di Boeing Corporation USA, memahami dan mengendali pendawaian di dalam pesawat. Milgram dan Kishino (1994) juga, memperkenalkan taksonomi Kontinum Realiti-Virtualiti bagi mengenalpasti perkaitan di antara persekitaran nyata dengan realiti maya ataupun *virtual reality* (VR) sebagaimana yang dapat dilihat dalam Rajah 1. Berdasarkan taksonomi tersebut, persekitaran maya merujuk kepada persekitaran VR yang menampilkan kesemua objek secara maya. Realiti luasan (AR) terletak berhampiran dunia nyata di mana dunia nyata diperluaskan dengan objek maya yang dihasilkan oleh komputer. Virtualiti luasan ataupun *Augmented Virtuality* (AV) merupakan sistem yang lazimnya berbentuk sintetik dengan sedikit imej daripada dunia nyata seperti corak yang dipetakan terhadap objek maya. Realiti campuran (MR) pula, merupakan gabungan daripada realiti luasan (AR) dan virtualiti luasan (AV).



Rajah 1: Kontinum Realiti-Virtualiti

Sumber: Milgram dan Kishino 1994.

Menurut Azuma (1997), Realiti Luasan (AR) merupakan variasi daripada *Virtual Environments* atau persekitaran Realiti Maya (VR) yang lazimnya dikenali ramai. Sistem AR merupakan sebuah sistem ataupun aplikasi yang mampu mencipta pandangan dalam dunia sebenar dengan memasukkan objek maya yang dihasilkan oleh komputer termasuklah objek dalam bentuk 3-Dimensi ke dalam persekitaran nyata dalam masa nyata (Azuma, 1997). Perbezaan antara AR dan VR adalah VR merujuk kepada situasi di mana matlamatnya adalah

untuk membenam (*immerse*) pengguna secara sepenuhnya dalam persekitaran sintetik; manakala AR merujuk kepada situasi di mana matlamatnya adalah untuk melengkapkan persepsi ataupun pandangan pengguna terhadap dunia nyata melalui tambahan objek-objek maya. Persekitaran maya sebenarnya secara sepenuhnya menggantikan dunia nyata, manakala dengan AR pengguna melihat persekitaran nyata iaitu, penggabungan maya dengan nyata. Ini bermakna, AR melengkapkan realiti dan bukan menggantikannya. Walau bagaimanapun, definisi oleh Azuma (1997) diterima secara meluas sebagai tanda aras untuk menerangkan tentang teknologi realiti luasan (AR). Azuma (2001), menyatakan bahawa AR mempunyai ciri seperti berikut:

- (i) Gabungkan objek maya dan dunia sebenar di mana objek maya yang dijana oleh komputer diintegrasikan dengan imej video daripada persekitaran dunia sebenar.
- (ii) Interaktif dalam masa nyata di mana pengguna boleh berinteraksi dengan objek maya dan fizikal secara serentak. Gabungan di antara imej video dan objek maya berlaku secara selari dalam masa nyata oleh tiga bentuk proses: penecaman, pengesanan dan *render*.
- (iii) Daftar secara ruang 3-Dimensi di mana objek maya yang dijana komputer didaftarkan dalam dimensi X, Y dan Z.

2.0 REALITI LUASAN DALAM PENDIDIKAN

Aplikasi AR pertama telah dibangunkan pada tahun 1960an oleh Ivan Sutherland. AR membenarkan pengguna untuk melihat dan berinteraksi dengan objek maya dalam persekitaran sebenar (Dunser, 2008). Teknologi tersebut telah digunakan untuk membangunkan pelbagai aplikasi pendidikan yang dikenali sebagai *augmented book*. Melalui bidang bacaan, AR juga terbukti memberi manfaat kepada pelajar merujuk buku *MagicBook* yang dibangunkan oleh Billingham, Kato & Poupyrev (2001). Para penyelidik menjangkakan buku AR yang berinteraksi secara visualisasi 3D, dapat menyediakan pemahaman yang lebih bermakna, terhadap kandungan yang kompleks disebabkan objek yang wujud boleh di manipulasi, dan kandungan boleh dijelajahi secara aktif dan juga untuk memotivasi pelajar dan meningkatkan tumpuan, serta menyokong pembelajaran imersif (McKenzie & Darnell, 2004). Kajian awal yang membandingkan pencapaian pelajar, Teori

Kecerdasan Pelbagai oleh Gardner (1989) dan teknologi imersif, membuktikan bahawa pembelajaran imersif mempunyai lebih banyak manfaat untuk pelajar dengan gaya pembelajaran yang tertentu. Terdapat beberapa bukti bahawa pembelajaran imersif amat berharga kepada pelajar berkeperluan khas (Kandalaf et al., 2013; Parsons & Mitchell, 2002).

Penyelidikan lepas menunjukkan bahawa para guru bersikap positif tentang potensi kelebihan AR untuk pengajaran mata pelajaran seperti bumi, matahari dan bulan, dan percaya dalam keadaan tertentu AR boleh membuatkan perkara-perkara tertentu berasaskan kehidupan seharian boleh difahami kanak-kanak dengan lebih berkesan (Kerawalla et al., 2006). AR merupakan salah satu teknologi yang boleh membantu membawa pengalaman dan pembelajaran berasaskan lokasi kepada para pelajar dengan menambahkan keberkesanan dunia sebenar yang sedia ada dan bukannya mencipta dunia yang baharu. Dengan menggabungkan teknologi tersebut dan lokasi yang mereka lihat secara sendiri; AR mempunyai potensi untuk membawa pembelajaran keluar daripada bilik darjah, ke dalam ruang di mana pelajar tinggal.

Menggalakkan pembelajaran formal yang mudah diakses boleh membuktikan berkesan terutamanya dalam menarik perhatian (*engage*) pelajar; mengembangkan pembelajaran kepada ruang yang dapat membantu mereka membentuk hubungan dengan kandungan; lokasi yang menyediakan konteks untuk pembelajaran tersebut; dan berinteraksi dengan rakan-rakan yang mereka berkongsi (Educause Learning Initiative, 2005). Billinghurst (2002) menegaskan bahawa AR menawarkan faedah pendidikan yang unik: (i) AR boleh mewujudkan interaksi tanpa kelim (*seamless*) antara persekitaran komunikasi maya dan sebenar yang menyebabkan nilai tambah interaksi pengguna; (ii) Mewujudkan interaksi tanpa kelim (*seamlessness*) antara objek fizikal dan maya dalam persekitaran AR, dengan menyediakan strategi pengajaran dan pembelajaran yang baharu walaupun kanak-kanak yang mempunyai pengalaman komputer adalah terhad (apa yang dipanggil *tangible interface metaphor*); (iii) Persekitaran imersif yang wujud dengan kemungkinan animasi AR bermakna, teks tidak lagi menjadi objek statik, tetapi membolehkannya mewujudkan interaksi baharu dengan para pelajar.

AR merupakan persekitaran di mana kehidupan sebenar dipertingkatkan oleh unsur-unsur maya dalam masa nyata. Tujuan AR ialah untuk meningkatkan maklumat yang diterima secara semula jadi melalui lima deria pelajar, dengan menambahkan pertindihan (*superimposed*); elemen maya yang dibina untuk melengkapkan maklumat dan makna yang tidak mungkin dapat dilihat dengan cara semula jadi. Teknologi AR digunakan dalam bacaan asas untuk murid *Syndrom Down* (SD) disebabkan perkara seperti berikut:

- (i) AR dapat memberi kefahaman makna perkataan yang lebih konkrit dan bermakna.
- (ii) Murid SD adalah pembelajar visual (Bird & Buckley, 2000; Yang et al., 2014).
- (iii) AR menyediakan *tangible interface metaphor* yang lazimnya, digunakan dalam persekitaran pendidikan di mana objek fizikal digunakan untuk menyampaikan makna (Dayang Rohaya et al., 2013; Ucelli et al., 2005).
- (iv) AR tidak hanya memotivasi pelajar, malah kaedahnya yang mewujudkan interaksi intuitif dan mesra pengguna, boleh membawa kepada pemahaman yang lebih berkesan terhadap konsep yang diajar (Chen, 2006; Santos et al., 2014).
- (v) Objek dalam dunia sebenar adalah dalam bentuk 3-Dimensi (3D). Ini bermakna, murid SD, boleh memahami dan mengaitkannya dengan objek yang konkrit dalam kehidupan harian mereka (Abdelhameed & Porter, 2010; Buckley, 1999).

3.0 KELEBIHAN TEKNOLOGI REALITI LUASAN (AR)

Aplikasi berteknologi AR boleh diaplikasikan dalam pelbagai bidang seperti industri automatif, perubatan, pendidikan dan persekitaran pejabat. Menurut Azuma (1997) dan Ohta & Tamura (2014), AR berupaya menambah persepsi pengguna terhadap dunia nyata. Objek maya memaparkan maklumat yang tidak dapat dirasakan oleh pancaindera. Namun maklumat maya tersebut berupaya membantu pengguna melakukan tugas di dunia nyata. Mengikut Hedley (2003); Dunser et al., (2007) dan Bai & Blackwell (2012), perbezaan ketara di antara muka AR dengan antara muka pengguna bergrafik (GUI) yang konvensional, ialah dari segi interaksi. Interaksi secara GUI menggunakan peranti seperti skrin, papan kunci dan tetikus. Manakala interaksi teknologi AR menggunakan antara muka pengguna ketara ataupun *Tangible User Interface* (TUI) dengan interaksi yang lebih luas. Ini membolehkan objek maya ditindihkan pada objek fizikal yang boleh dipegang dan dimanipulasi secara terus tanpa menggunakan peranti seperti papan kekunci ataupun tetikus. Di samping itu, interaksi dalam

persekitaran maya berasaskan teknologi AR, mirip dengan cara pengguna berinteraksi secara tabii dengan dunia nyata seperti memegang, menggoncang, menolak dan mengangkat. Ini semua merupakan tindak balas yang telah lazim dengan murid SD.

AR mempunyai pelbagai kelebihan terutama dalam menunjukkan konsep spatial, temporal dan hubungan kontekstual antara objek nyata dan objek maya dengan jelas (Woods et al., 2004). Ini bermakna, teknologi AR boleh diaplikasikan dalam pelbagai bidang secara meluas. Walaupun kos dan batasan fizikal objek nyata merupakan faktor yang menghadkan kreativiti dan idea sesuatu aplikasi AR, namun objek maya didapati mempunyai pelbagai kelebihan seperti kebolehan bergerak (*animated*), kemampuan memberi tindak balas kepada tindakan pengguna, selamat digunakan, murah dan mudah dihasilkan semula, tidak dipengaruhi oleh batasan hukum fizik dan kebolehan diintegrasikan secara tanpa kelim (*seamless*) dengan media lain seperti audio (Billinghurst et al., 2015; Wood et al., 2004). Justeru, kelebihan objek maya ini mampu menjadikan AR sebuah teknologi yang berpotensi tinggi untuk merealisasikan kreativiti dalam sesetengah aplikasi terutamanya yang berkaitan dengan alat bantuan pengajaran dan pembelajaran. Kajian lepas menunjukkan bahawa pembelajaran pelajar bertambah baik apabila sesuatu maklumat dibentangkan secara spatial atau temporal secara berhampiran antara satu sama lain (Ginns, 2006; Leppink et al., 2015; Sweller, 2010).

Teknologi AR dapat memperkayakan dunia fizikal dengan maklumat yang berguna dan membekalkan cara interaksi yang baharu dan intuitif kepada pengguna. Maklumat boleh disimpan di dalam persekitaran *Augmented*, dan digunakan semula pada masa yang diperlukan (Gaukrodger & Lintott, 2007). Kelebihan ini membolehkannya digunakan untuk membantu pengguna membuat keputusan. Sebagai contoh, maklumat tambahan 3D yang diterima oleh mekanik pada enjin yang sedang dibaiki, membantu dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi. Selain daripada persekitaran yang sebenar, mereka melihat komponen animasi, alat-alat yang akan digunakan dan mendengar arahan pada setiap langkah kerja melalui *head phone* bersepadu melalui cermin mata (*googles*) yang dipakai.

Kelebihan AR dilihat sebagai faktor yang mendorongnya diaplikasikan dalam pendidikan. AR mempunyai kelebihan berbanding VR adalah kerana teknologi AR murah dan perkembangannya mudah (Kauffman, 2002). Menurut Billinghamurst (2003) dan Wu et al. (2013), AR mempunyai pelbagai ciri yang boleh menyediakan pengalaman pembelajaran yang berbeza daripada pembelajaran secara konvensional. Antara ciri tersebut ialah seperti pengguna boleh menggerakkan objek maya dan melihat dari berbagai-bagai sudut seumpama melihat dan memegang sebuah objek sebenar (Billinghurst, 2002), menyokong interaksi tanpa kelim (*seamless*) di antara persekitaran maya dan realiti, dan menggunakan antara muka metafora dunia realiti bagi melakukan manipulasi menggantikan peranti input seperti tetikus dan papan kekunci. Antara kelebihan teknologi ini juga, ialah keupayaannya membantu murid dalam proses kognitif terutama dalam menangani isu visual ruang (Scheiter et al., 2009). Menurut Shelton dan Hedley (2004), AR bukan sahaja menghasilkan imej visual, tetapi juga menyampaikan isyarat ruang secara terus kepada pengguna. Ini bermakna, AR mempunyai potensi yang besar untuk diaplikasikan kepada domain pengetahuan tentang konsep ruang. Tambahan pula, AR mempunyai keperluan perkakasan yang murah dan mampu dimiliki oleh sekolah iaitu komputer dan kamera *web*.

AR berpotensi diaplikasikan kepada semua pancaindera seperti sentuhan dan pendengaran (Azuma et al., 2001; Di Serio et al., 2013). Shelton dan Hedley (2004) berpendapat bahawa interaksi yang melibatkan anggota pengguna, khususnya tangan dapat memberi maklum balas motor sensori yang turut menyumbang terhadap proses pembelajaran. Selain itu, AR yang mempunyai ciri 3D dapat memberi peluang kepada pengguna memanipulasi masa, kedudukan, sudut, putaran dan peredaran objek maya, serta membantu pemahaman pengguna tentang sesuatu konsep (Fleck & Simon, 2013; Shelton & Hedley, 2002). Jadi, berdasarkan kelebihan AR, terdapat peluang pelbagai bidang dan media yang boleh dikembangkan.

AR juga dapat meningkatkan tahap motivasi murid amnya, dan murid SD khususnya, memberi impak positif terhadap pengalaman pembelajaran, terutama bagi murid yang lemah seperti murid SD (Freitas & Campos, 2008), membantu dalam pembangunan pemikiran kreatif, meningkatkan kefahaman dan menukar paradigma lengkung pembelajaran murid tersebut dalam mempelajari sesuatu mata pelajaran (Huda Wahida et al., 2010; Norabeerah et al., 2016). Selain itu, AR mampu memberi pengalaman pembelajaran baharu yang

menyeronokkan (Juan et al., 2008) dan menggalakkan murid melakukan eksplorasi sendiri pada tajuk yang dipelajari (Kaufmann, 2006). Berdasarkan kemampuan tersebut, AR dapat menjimatkan masa dalam penguasaan sesuatu ilmu dan memberi alternatif kepada guru untuk menggunakan sebuah media pengajaran yang lebih interaktif, menarik dan berkesan (Huda Wahida et al., 2010; Norabeerah et al., 2016).

4.0 KESIMPULAN

Secara kesimpulannya, kajian ini menghuraikan kajian lepas berkaitan teknologi realiti luasan, teknologi realiti luasan dalam pendidikan dan kelebihan teknologi realiti luasan. Teknologi AR mempunyai potensi yang besar dalam memperkayakan pembelajaran secara lebih bermakna.

RUJUKAN

- Abdelhameed, H. & Porter, J. (2010). Verbal Short - term Memory Performance in Pupils with Down Syndrome. *International Journal of Disability, Development and Education* 57(4): 427-438.
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6(4): 355-385.
- Azuma, R. T, Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S. & MacIntyre, B. (2001). Recent Advances in Augmented Reality. *Journal of Computer Graphics and Applications* 2(6): 34-47.
- Billinghurst, M., Kato, H. & Poupyrev, I. (2001). The magicbook-moving seamlessly between reality and virtuality. *IEEE Computer Graphics and applications* 21(3): 6-8.
- Billinghurst, M. (2002). Augmented reality in education. *New Horizons for Learning*, 12.
- Billinghurst, M., Clark, A. & Lee, G. (2015). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction* 8(2-3): 73-272.
- Bird, G. & Buckley, S. (2000). The Education of Individuals with Down Syndrome: A review of educational provision and outcomes in the United Kingdom. <http://information.downsed.org/library/papers/2000/07/education/> [30 Mei 2008].
- Buckley, S. (1999). Improving the speech and language skills of children and teenagers with Down Syndrome. *Syndrome Down News and Update*. Vol 1, No. 3, pp 111-128. Great Britain: The Syndrome Down Educational Trust.
- Bai, Z. & Blackwell, A. F. (2012). Analytic review of usability evaluation in ISMAR. *Interacting with Computers* 24(6): 450-460.
- Caudell, T. P. & Mizell, D. W. (1992). Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes. *Proceedings of Hawaii International Conference on System Sciences*, hlm. 659-669.
- Chen, C. J. (2006). The design, development and evaluation of a virtual reality based learning environment. *Australasian Journal of Educational Technology* 22(1): 39-63.
- Dayang Rohaya Awang Rambli., Matcha, W. & Sulaiman, S. (2013). Fun learning with AR alphabet book for preschool children. *Procedia Computer Science* 25: 211-219.
- Di Serio, Á., Ibáñez, M. B. & Kloos, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education* 68: 586-596.
- Dunser, A. (2008). Supporting low ability readers with interactive augmented reality. In *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine: Changing the Face of Healthcare* San Diego & Interactive Media Institute.
- Dunser, A. & Billinghurst, M. (2007). Human-Centered Development of an AR Handheld Display. *Proceedings Mixed and Augmented Reality*, hlm. 177-180.

- Educause Learning Initiative. (2005). 7 things you should know about Augmented Reality.
- Fleck, S. & Simon, G. (2013). An augmented reality environment for astronomy learning in elementary grades: An exploratory study. Proceedings of the 25th Conference on l'Interaction Homme-Machine. hlm 14.
- Freitas, R. & Campos, P. (2008). SMART: a System of augmented reality for teaching 2nd grade students. Proceedings of the 22nd British CHI Group Annual Conference on HCI 2008: People and Computers XXII: Culture, Creativity, Interaction. hlm 27-30.
- Gaukrodger, S. J., & Lintott, A. (2007). Augmented reality and applications for assistive technology. In Proceedings of the 1st international convention on Rehabilitation engineering & assistive technology in conjunction with 1st Tan Tock Seng Hospital Neurorehabilitation Meeting - i-CREATe '07 (p. 47). New York, New York, USA: ACM Press. doi:10.1145/1328491.1328504
- Ginns, P. (2006). Integrating information: A meta-analysis of the spatial contiguity and temporal contiguity effects. Learning and Instruction 16(6): 511-525.
- Hedley, N. R. (2003). Empirical Evidence Of Advanced Geographic Visualization Interface Use. Prosiding International Cartographic Association's International Cartographic Congress, hlm. 383-393.
- Huda Wahida, R., Fauziah, B., Harryizman, H., Ali Yusny, D., Haslina, M. & Norida, M. D. (2010). Using augmented reality for supporting learning human anatomy in science subject for Malaysian primary school. Proceedings of Regional Conference on Knowledge Integration in ICT (INTEGRATION2010). hlm 43-51.
- Kandalaf, M. R., Didehbani, N., Krawczyk, D. C., Allen, T. T. & Chapman, S. B. (2013). Virtual reality social cognition training for young adults with high-functioning autism. Journal of autism and developmental disorders 43(1): 34-44.
- Kaufmann, H. & Dünser, A. (2007). Summary of usability evaluations of an educational augmented reality application. Proceedings of International Conference on Virtual Reality, hlm. 660-669.
- Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S. & Woolard, A. (2006). "Making it real": exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. Virtual Reality, 10(3): 163-174.
- Leppink, J., Paas, F., Van Gog, T., van Der Vleuten, C. P. & Van Merriënboer, J. J. (2014). Effects of pairs of problems and examples on task performance and different types of cognitive load. Learning and Instruction 30: 32-42.
- McKenzie, J. & Darnell, D. (2004). *The eyeMagic Book. A report into Augmented Reality Storytelling in the Context of a children's workshop 2003*. Chirstchurch: New Woods.

- Norabeerah Saforrudin, Halimah Badioze Zaman & Azlina Ahmad. (2016). Pengajaran Masa Depan Menggunakan Teknologi Augmented Reality dalam Pendidikan Bahasa Melayu: Tahap Kesedaran Guru. *Jurnal Pendidikan Bahasa Melayu* 2(2): 1-10.
- Ohta, Y. & Tamura, H. (2014). *Mixed reality: Merging real and virtual worlds*. Springer Publishing Company, Incorporated.
- Santos, M. E. C., Chen, A., Taketomi, T., Yamamoto, G., Miyazaki, J. & Kato, H. (2014). Augmented reality learning experiences: survey of prototype design and evaluation. *IEEE Transactions on Learning Technologies* 7(1): 38–56.
- Scheiter, K., Wiebe, E. & Holsanove, J. (2009). Theoretical and instructional aspects of learning with visualizations. Dlm. R. Zheng (pnyt.). *Cognitive affects on multimedia learning*, hlm. 67-88. USA: Information Science Reference (an imprint of IGI Global).
- Shelton, B. E. & Hedley, N. R. (2002). Using augmented reality for teaching Earth-Sun relationships to undergraduate geography students. *Proceedings The Augmented Reality Toolkit, The First IEEE International Workshop*.
- Shelton, E. B. & Hedley R. N. (2004). Exploring a cognitive basis for learning for learning spatial relationships with augmented reality. *Technology, Instruction, Cognition and Learning* 1(4): 323-357.
- Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational psychology review* 22(2): 123-138.
- Ucelli, G., Conti, G., Amicis, R. & Servidio, R. (2005). Learning Using Augmented Reality Technology: Multiple Means of Interaction for Teaching Children the Theory Colours. *Proceedings of Intelligent Technologies for Interactive*, hlm. 193-202.
- Woods. E, Mark Billingham, Looser J, Aldridge G, Brown D, Garrie, B. (2004). Augmenting the Science Centre and Museum Experience. *Proceedings of 2nd International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques in Australia and SouthEast Asia*, at Singapore, hlm. 230-236.
- Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y. & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education* 62: 41-49.
- Yang, Y., Connors, F. A. & Merrill, E. C. (2014). Visuo-spatial ability in individuals with Down syndrome: Is it really a strength?. *Research in developmental disabilities* 35(7): 1473-1500.