



Murdoch
UNIVERSITY

MURDOCH RESEARCH REPOSITORY

<http://researchrepository.murdoch.edu.au/9848/>

Romli, R., Abu Bakar, A. and Shiratuddin, M.F. (2001) *Realiti Maya Sebagai Alat Bantuan Pendidikan Konstruktif (Virtual Reality as a Tool to Assist Constructive Learning)*. In: International Seminar of Learning and Motivation (ISLM 2001), 8 - 10 October, Penang, Malaysia.

It is posted here for your personal use. No further distribution is permitted.

REALITI MAYA SEBAGAI ALAT BANTUAN PENDIDIKAN KONSTRUKTIF

Rusnida Romli, Nor Azila Awang Abu Bakar dan Mohd.Fairuz Shiratuddin

School of Information Technology
University Utara Malaysia
06010 Sintok
Kedah Darulaman
Malaysia
Tel: 04-7003701, Fax: 04-7005753

e-mail: nida7178@hotmail.com, azila_aab@yahoo.com, fairuz@uum.edu.my

Abstrak

Teori Konstruktivisme (*Constructivism Theory*) mengatakan bahawa pelajar lebih cepat menguasai pengetahuan baru apabila mereka terlibat secara langsung dan aktif di dalam membina pengetahuan tersebut. Teori ini menggunakan konsep '*learning-by-doing*'. Teknologi Realiti Maya (*Virtual Reality* ataupun *VR*) membuka peluang yang lebih luas untuk diaplikasikan dalam bidang pendidikan. *VR* membantu cara pembelajaran terhadap perkara-perkara yang biasanya memerlukan andaian dengan memberi peluang kepada pelajar untuk menyelami ataupun '*immerse*' ke dalam fenomena yang tidak boleh diterangkan secara visual-kasar, pendengaran ataupun sentuhan (Fällman,1998).

Kajian ini dibuat berdasarkan masalah yang dihadapi oleh pelajar dan guru dalam sistem pendidikan Sains secara konvensional di peringkat sekolah Menengah Atas di Malaysia. Objektif utama penyelidikan ialah untuk mengkaji keupayaan *VR* sebagai satu alat bantuan alternatif dalam pengajaran dan pembelajaran Sains. Output penyelidikan ini ialah sebuah 'Makmal Sains Maya' bagi subjek-subjek Fizik dan Kimia Menengah Atas.

Metodologi yang telah digunakan adalah kajian awal, pengumpulan maklumat, rekabentuk prototaip, pembangunan prototaip, pengujian prototaip, analisa maklumat dan dokumentasi.

Kata Kunci : Realiti Maya (VR), Pendidikan, Konstruktivisme, Sains

Abstract

The 'constructivism' pedagogical philosophy states that it is much easier for students to master, remember and innovate new knowledge and ideas whenever they are actively participating in a 'learning-by-doing' situation. Virtual Reality (VR) technology opens a vast window of opportunity to be applied in the field of education. VR can assist the method of study towards matters that regularly require assumption or hypothesis by giving opportunity to the student to immerse in phenomena that cannot be explained visually, auditorily or contact (Fällman, 1998).

This study is based on the problem faced by students and teachers in the conventional science education system for Malaysia's secondary schools. The primary objective of this research is to study the capabilities of VR as an alternative means to assist in the teaching and learning of Science. The outcome of this research is a 'Virtual Science Lab' for Physics and Chemistry.

Methodologies used are preliminary study, information gathering, prototype design, prototype development, prototype testing, information analysis and documentation.

Keywords: Virtual Reality (VR), Education, Constructivism, Science

PENGENALAN

Realiti Maya (VR) merupakan salah satu teknologi yang wujud pada era ketiga Interaksi Manusia-Komputer (*Human Computer-Interaction*). Teknologi ini telah membuka peluang yang begitu luas untuk diaplikasikan dalam bidang pendidikan. Pada masa yang sama juga ia menyokong Teori Konstruktivisme. VR membantu cara pembelajaran terhadap perkara-perkara yang biasanya memerlukan andaian ataupun hipotesis dengan memberi ruang kepada pelajar untuk menyelami ataupun 'immerse' ke dalam fenomena-fenomena yang tidak boleh diterangkan secara visual-kasar, pendengaran mahupun sentuhan (Fällman,1998). Kajian dibuat berdasarkan permasalahan yang dihadapi oleh pelajar dan guru dalam pendidikan Sains konvensional di mana konsentrasi kajian adalah di peringkat Menengah Atas di Malaysia.

Ciri-ciri VR didapati berkait rapat dengan tiga aspek di dalam 'Teori Pendidikan' iaitu pendidikan berdasarkan (a) praktikal, (b) konstruktivisme dan (c) pembelajaran sosial (Bricken, 1991). Kajian ini dibuat untuk menguji samada latihan konstruktivis di dalam kelas mahupun makmal boleh membantu pelajar untuk memperolehi pengetahuan secara lebih mendalam dan lebih bermakna berbanding pengetahuan yang diperolehi secara kaedah latihan konvensional. Dengan itu, dapatlah diterangkan bahawa hubungan di antara teori pembelajaran boleh dikenali sebagai 'konstruktivisme', teori 'semiotik' dan juga penggunaan persekitaran interaktif tiga dimensi(3D) sebagai alat pembelajaran-konstruktivis '*constructivist-learning*' (Osberg, 1997).

PERBINCANGAN

Objektif utama kajian ini ialah mengkaji keupayaan VR sebagai satu alat bantuan pendidikan dalam pengajaran dan pembelajaran Sains. Selain daripada itu kajian ini cuba melihat keberkesanan VR di dalam membantu pelajar dan guru mempelajari konsep yang sukar, sekaligus menjana satu strategi dalam motivasi pembelajaran di sekolah.

Kajian ini dinamakan sebagai Makmal Sains Maya yang melibatkan eksperimen bagi matapelajaran Fizik dan Kimia Tingkatan 4 dan Tingkatan 5. Kewujudan Makmal Sains Maya ini merupakan penciptaan satu dimensi baru di dalam kaedah pembelajaran dan pengajaran matapelajaran Sains Tulen sekarang. Melalui kaedah konvensional yang sedia ada, pelajar hanya belajar menerusi penerapan ajaran dari pihak guru sahaja. Youngblut memetik pernyataan Dede (1997) iaitu:

"...falsafah pedagogi 'konstruktivisme' menyatakan bahawa adalah lebih mudah kepada pelajar untuk menguasai, mengingat dan mencipta serta menginovasi pengetahuan dan idea baru apabila mereka terlibat secara aktif dalam situasi pembelajaran belajar sambil membuat...."

(Youngblut, 1998)

Selain daripada itu apabila VR diperkenalkan dalam sistem pendidikan di Malaysia, kelebihan yang dapat dilihat ialah ia boleh menjadi satu sumber yang bernilai untuk membantu kerajaan dalam pelaksanaan Projek Sekolah Bestari. Tambahan pula, Loftin (1999) dan juga para penyelidik di Johnson Space Centre percaya satu pendekatan baru diperlukan dalam pendidikan Sains.

Loftin menyatakan:

"....begitu ramai manusia yang terkebelakang apabila berhadapan dengan pendidikan sains dan matematik. Pada tahun kedua sekolah menengah, begitu ramai yang telah kehilangan minat terhadap subjek ini dan keadaan ini sungguh memalukan...."

Salah satu masalah utama dalam pendidikan Sains masa kini ialah pelajar terpaksa berdepan dengan pemahaman terhadap konsep-konsep abstrak. Oleh itu alatan komputer bervisual diperlukan kerana ianya begitu berkesan dalam menyelesaikan masalah ini (Suip, 2000). Jika kita lihat di dalam subjek Fizik, selalunya wujud persoalan ‘apa jika...’ dalam setiap topik yang dipelajari; contohnya seperti topik graviti, inersia, hubungan kompleks di antara pelanggaran objek-objek dan pelbagai lagi konsep-konsep sukar yang lain (Austakalnis & Blatner, 1992). Keadaan ini juga berlaku di dalam pembelajaran Kimia, satu kaedah yang baru diperlukan untuk menerangkan serta menggambarkan pergerakan atom dan juga zarah-zarah bagi setiap proses yang berlaku di sekeliling manusia (Youngblut, 1998). Ini sudah tentu mengambil masa yang agak lama sekaligus memerlukan usaha yang lebih daripada pihak guru untuk menerangkannya kepada pelajar.

Realiti Maya (VR) Sebagai Alat Bantuan Pembelajaran Konstruktif

Apakah definisi VR? Terdapat banyak definisi yang boleh dibuat terhadap VR. Walau bagaimanapun Freedman (1997) mendapati *encyclopedia Britannica* mendefinisikan VR sebagai:

‘Satu keadaan di mana penggunaan permodelan komputer dan juga simulasi yang mampu untuk berinteraksi dengan gambaran permukaan(3D) ataupun persekitaran pengesan yang lain’.

Selain daripada itu, VR juga boleh didefinisikan sebagai:

‘Medium di mana satu dunia maya ataupun sintetik persekitaran 3D → persekitaran sintetik 3D yang mempunyai warna dan juga suara boleh dijelajahi dan juga diuji secara berterusan dari pelbagai perspektif dan juga dalam keadaan sebenar’.

VR bukan sahaja satu set alatan, tetapi medium untuk penjelasan dan juga komunikasi. VR juga menjelaskan bahawa manusia dapat mencipta, mengalami dan juga berkongsi dunia yang dijanakan atau dicipta oleh komputer sebagai satu yang realistik ataupun fantasi seperti mana yang dikehendaki (Osberg, 1997).

Konstruktivisme pula adalah suatu teori pembelajaran yang menerangkan proses pembinaan pengetahuan. Walaupun Konstruktivisme adalah suatu teori pembelajaran, penggunaannya seringkali dirujuk kepada sebagai ‘latihan pembinaan’ di dalam bilik darjah dan juga tempat-tempat tertentu di mana ianya menghasilkan sokongan dalam proses pembinaan pengetahuan (Osberg, 1997). Dengan kata lain ianya adalah suatu proses pembinaan pengetahuan dari proses pasif secara proses aktif. Proses membina pengetahuan ini melibatkan proses kognitif dan juga pembinaan fizikal melalui perkembangan model akal dan pengetahuan secara fizikal mahupun maya (Winn & Bricken, 1992; Osberg, 1997).

Maklumat boleh disebarkan dalam pelbagai cara termasuklah menerusi teknologi seperti VR. Kajian ini cuba melihat peluang pelajar terhadap keupayaan mereka dalam mencipta dan mengalami persekitaran maya bagi pembelajaran yang diperolehi. Penggunaan VR telah mengikat peraturan keempat dalam pedagogi konstruktivisme dalam proses kognitif (minda) iaitu rupabentuk somatik (anggota badan). Di dalam dunia maya, proses pembinaan pengetahuan menjadi kuat dengan memastikan pelajar berkeupayaan untuk mencipta dan mengalami apa yang digambarkan oleh mereka sendiri dan juga memanipulasikan gambaran melalui rupabentuk pemahaman mereka (Osberg, 1997).

Perubahan daripada masyarakat industri kepada masyarakat bermaklumat sedikit sebanyak mempengaruhi sistem pendidikan sekarang. Pendekatan tradisional dalam pendidikan iaitu penggunaan buku teks telah menimbulkan pelbagai persoalan baru. Di sebalik fakta-fakta yang perlu diingat, banyak lagi perkara yang perlu dititikberatkan dan yang paling utama ialah tahap kemahiran

pemikiran untuk membina dan menguruskan pengetahuan itu sendiri. Pelajar perlu belajar bagaimana untuk meletak, menafsir dan mencipta kekreatifan mereka untuk mengkombinasikan maklumat dan juga untuk menyelesaikan masalah (Youngblut, 1998).

Kelebihan yang wujud dalam VR melalui gambaran, pendengaran dan teknologi yang interaktif menjadikan proses membina pengetahuan itu lebih bermakna di mana kefahaman sepenuhnya akan diperolehi. VR boleh menyumbang kepada pembinaan pengetahuan kerana ianya merupakan suatu persekitaran di mana pelajar boleh meningkatkan keupayaan pemahaman mereka melalui interaksi gambaran dan audio. Dalam membentuk dunia maya, pelajar boleh mentafsirkan objek-objek, hubungan di antara objek dan juga tingkahlaku objek bagi menentukan kefahaman mereka. (Osberg, 1997).

Interaksi merupakan satu komponen kepada pembinaan pengetahuan para pelajar itu sendiri samada pendidikan secara maya mahupun tradisional (Byrne, 1996). Walau bagaimanapun VR bukan sahaja menyediakan lebih banyak peluang bagi interaksi, tetapi juga ianya melibatkan keseluruhan tingkahlaku anggota badan di mana ianya bernilai untuk membangunkan ingatan *somatic* dan menyediakan penglibatan dengan persekitaran bila mana mereka secara fizikalnya boleh mengalami keadaan di dalam ruang yang dijanakan oleh komputer (Hoffman, Hullfish & Houston, 1994).

Pengajaran mempunyai dua fungsi utama iaitu merangsangkan pembelajaran dan mewujudkan situasi pembelajaran yang berkesan. Di dalam bilik darjah, tugas guru adalah membekalkan motivasi sebagai rangsangan untuk menimbulkan minat murid dan menggerakkan mereka belajar. Pengajaran tidak akan bermakna sekiranya ia gagal mewujudkan situasi pembelajaran yang berkesan. Maka segala pendekatan, strategi, kaedah dan teknik mengajar perlu diperkembangkan (Mok Soon Sang, 2000).

Kelebihan yang dapat dilihat bagi persekitaran maya ialah ianya adalah suatu alat pengajaran yang melibatkan pembelajaran seluruh anggota badan (Osberg, 1993), penglibatan multi-persepsi, peluang untuk menukar perspektif sebagaimana yang dikehendaki (Dede, Salzman & Loftin, 1996) dan juga menggambarkan konsep sukar dan juga abstrak (Byrne, 1996 & Winn, 1993).

Melalui kaedah ini dapat dilihat suatu keadaan yang berbeza berlaku di dalam dunia pendidikan melalui penerapan secara konstruktif dan arahan. Jadual 1 menunjukkan ringkasan persepsi *Apple* terhadap perbezaan di antara arahan dan amalan pembinaan pengetahuan di dalam kelas atau bilik darjah.

FUNGSI	ARAHAN	PEMBINAAN/KONSTRUKSI
Aktiviti Kelas	Berpusatkan guru; informatif	Berpusatkan pelajar; interaktif
Peranan Guru	Pencerita fakta; pakar	Bekerjasama; belajar
Peranan Pelajar	Pendengar; sentiasa menjadi pendengar	Bekerjasama; kadang-kadang menjadi pakar
Penekanan kepada Arahan	Fakta; mengingat	Hubungan; pertanyaan dan penciptaan/penemuan
Konsep Pengetahuan	Mengumpul fakta	Transformasi fakta
Demonstrasi Kejayaan	Kuantiti	Kualiti pemahaman
Penilaian	Merujuk kepada kebiasaan; butiran pelbagai pilihan	Merujuk kepada kriteria; portfolio dan prestasi
Penggunaan teknologi	Menggerudi dan latihan	Komunikasi, kerjasama/kolaborasi, capaian maklumat dan ekspresi

* Sumber: Kimberly M.Osberg. *Constructivism in Practice: The Case for meaning-Making in the Virtual World.* 1997

Jadual 1-Perbandingan Antara Amalan Pembinaan Pengetahuan Dan Arahan *Apple*

Pedagogi Tradisional dan Pedagogi Bestari

Pedagogi Bestari menunjukkan beberapa perubahan yang baru berbanding Pedagogi Tradisional. Sebahagian daripada Pedagogi Bestari menggunakan sumber-sumber teknologi tertentu untuk memberi ransangan dan gambaran dalam pembelajaran. Ciri-ciri Teori Konstruktivisme didapati dapat diaplikasikan sepenuhnya terhadap Pedagogi Bestari. Perbandingan kedua-dua pedagogi ini ditunjukkan secara ringkas di dalam Jadual 2.

KONTEKS	PEDAGOGI TRADISIONAL	PEDAGOGI BESTARI
Pelajar	Tindakbalas berdasarkan arahan guru. Tugasan yang mudah. Usaha individu.	Tindakan berdasarkan tugasan. Tugasan lebih mencabar berbentuk inkuari dan provokatif. Usaha bersama, berbentuk partisipatif dan interaktif.
Guru	Perancangan rutin. Rangsangan terhad kepada teks. Persekitaran terkawal. Mengemukakan jawapan melebihi soalan.	Perancangan secara kreatif. Pelbagai rangsangan. Mengemukakan soalan melebihi jawapan.
Pendekatan	Pemusatan kepada guru. Berpusatkan pengetahuan. Berpusatkan pengajaran. Tertumpu kepada hasilan. Strategi yang terhad.	Pemusatan kepada pelajar. Berpusatkan pemikiran. Berpusatkan pembelajaran. Tertumpu kepada proses. Strategi yang pelbagai.
Bilik Darjah	Susunan yang tetap. Meja dan kerusi teratur mengikut barisan. Terbatas kepada bilik darjah.	Susunan mudah alih. Meja dan kerusi disusun mengikut aktiviti dan keperluan tugasan. Tidak terbatas kepada bilik darjah.
Kurikulum	Berpandukan objektif. Berasaskan pengetahuan.	Berpandukan proses. Berasaskan pengetahuan, kemahiran dan nilai murni.
Sumber (Komputer, OHP, Video, Televisyen)	Berpusat. Prosedur peminjaman yang ketat. Digunakan sebagai perimeter pembelajaran. Teknologi digunakan untuk menjelas dan memberitahu.	Tidak berpusat. Sumber mudah diperolehi. Digunakan sebagai parameter pembelajaran. Teknologi digunakan untuk menjelas dan merangsang pembelajaran.

Sumber: <http://sedaka.net.tripod.com/bezapedagogi.htm>

Jadual 2 - Jadual Perbandingan antara Pedagogi Tradisional dan Bestari.

Makmal Sains Maya

Eksperimen serta konsep-konsep yang dipilih adalah berdasarkan hasil keputusan yang diperolehi daripada pelajar dan guru daripada 11 buah sekolah di sekitar kawasan utara negeri Kedah. Kesesuaian sesuatu eksperimen untuk dimayakan juga diambilkira. Di antara eksperimen dan konsep yang telah dipilih untuk dijadikan prototaip bagi pembangunan Makmal Sains Maya ini ialah:

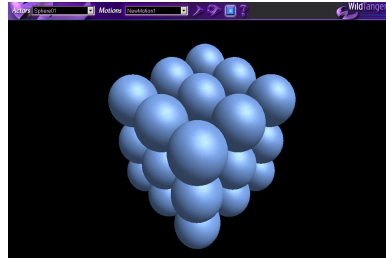
Kimia

1. Mengkaji perubahan keadaan jirim
2. Penulenan logam secara elektrolisis
3. Tindak balas redoks yang melibatkan pemindahan elektron pada satu jarak
4. Kadar tindak balas - Teori pelanggaran
5. Tindakan pembersihan oleh sabun

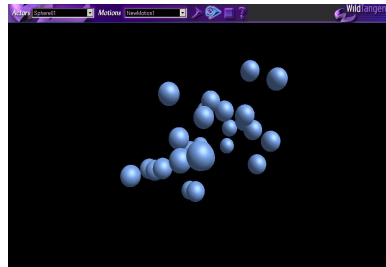
Fizik

1. Pergerakan Brown
2. Pecutan graviti
3. Prinsip pengapungan (Archimedes)
4. Pancaran termion
5. Senapang elektron

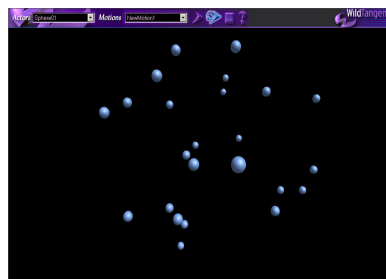
Berikut merupakan contoh-contoh prototaip yang telah dibangunkan:



(a)



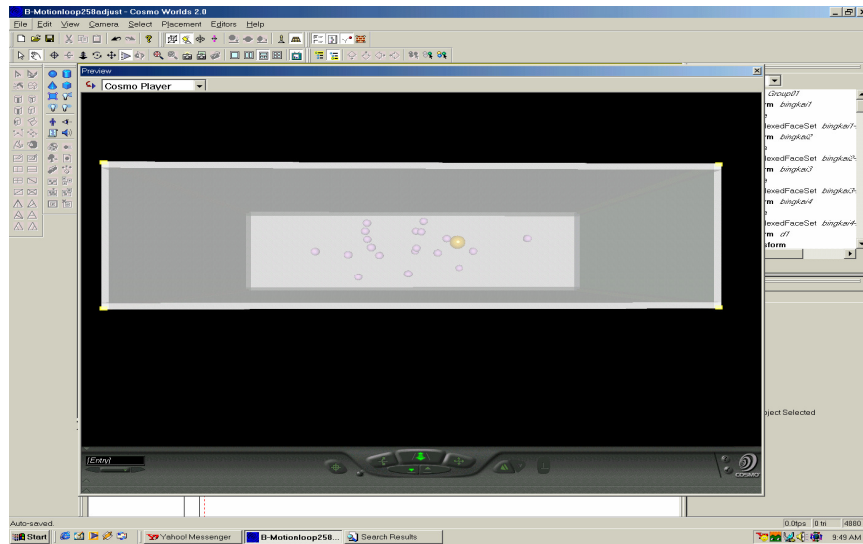
(b)



(c)

Gambarajah 1- a, b, dan c menunjukkan susunan proses prototaip eksperimen bagi Perubahan Keadaan Jirim menggunakan perisian 3D Studio Max dan juga WildTangent

Melalui paparan eksperimen di atas, pelajar dapat melihat sekaligus, bergerak memasuki ruang-ruang antara molekul-molekul dan melihat pergerakan yang berlaku antara molekul-molekul pepejal. Kefahaman pelajar terhadap pembelajaran secara teori dapat diaplikasikan pada masa ini apabila pelajar dapat melihat sendiri dan merasai keadaan sebenar bagi setiap perubahan yang berlaku seolah-olah diri mereka turut berada di antara molekul-molekul tersebut. Keadaan ini juga akan turut dirasai ketika perubahan molekul dari pepejal ke cecair dan seterusnya cecair kepada gas.



Gambarajah 2- prototaip eksperimen bagi Gerakan Brown mengguna perisian 3D Studio Max dan juga VRML

Pergerakan Brown berlaku disebabkan oleh pelanggaran molekul-molekul udara dengan zarah-zarah asap yang lebih besar. Oleh kerana gerakan molekul-molekul udara adalah secara rawak, bilangan molekul udara yang berlanggar dengan satu permukaan zarah asap akan berlainan pada permukaan lain. Eksperimen ini divisualisasikan dengan memberi peluang kepada pelajar melihat pelanggaran antara molekul-molekul tersebut. Di dalam eksperimen sebenar, pelajar akan menggunakan mikroskop, sel asap, kanta penumpu(kanta cembung) dan mentol. Namun pelanggaran antara molekul udara dan molekul asap tidak dapat dilihat, hanya pergerakan habuk sahaja yang dapat dilihat dengan mata kasar di bawah mikroskop.

KESIMPULAN

Pendidikan menerusi VR bermaksud mencipta, mengalami dan berkongsi dunia yang dijanakan oleh komputer sebagai satu keadaan yang realistik dan juga fantasi seperti mana yang diimajinasikan oleh pengguna. Bagi memahami bagaimana untuk membantu pelajar menguasai konsep Sains yang kompleks, pengujian secara umum diperlukan. Pertamanya perkara yang berkaitan dengan pembelajaran sebelumnya perlu dititikberatkan: pelajar perlu menfokus ataupun mengalami pengalaman di dalam menerima arahan terhadap pembelajaran yang berlaku. Keduanya, teknik gambaran yang bermakna diperlukan untuk komunikasi maklumat. Ketiganya, pelbagai teknik paparan maklumat yang boleh meningkatkan hasil pembelajaran (Dede, Salzman & Loftin, 1999).

Bantuan pengajaran melalui teknologi maya ini adalah satu kaedah alat bantu alternatif terhadap paparan yang bermakna kepada pelajar dalam memaksimumkan serta memanupulasikan pengetahuan yang diperolehi.

Oleh yang demikian, VR dilihat telah berjaya membuka satu peluang yang meluas apabila sumbangannya dapat dilihat membantu dan mempertingkatkan proses dan teknik pendidikan sekaligus menyokong Teori Konstruktivisme.

RUJUKAN

- Austakalnis, S. & Blatner, D. (1992). **Silicon Mirage-The Art and Science of Virtual Reality**, Peachpit Press.
- Bricken, M. (1991). *Summer Students in Virtual Reality: A Pilot Study on Educational Applications of Virtual Reality Technology*. **HITL**. Retrieved March, 2001 on the world wide web
<http://www.hitl.washington.edu/projects/education/psc/psc.html>.
- Byrne, C. M. (1996). *Water on Tap: The Use of Virtual Reality as an Educational Tool*. Unpublished Ph.D. Dissertation, University of Washington, College of Engineering.
- Dede, C., Salzman, M., Loftin, R.B. (1996). *The development of a virtual world for learning Newtonian mechanics*. Originally published in the **Proceedings of the Multimedia, Hypermedia, and Virtual Reality Conference, MHVR '94**. Berlin: Springer-Verlag.
- Dede, C., Salzman, M.C., Loftin, R.B. & Sprague, D. (1999). *Multisensory Immersion as a Modeling Environment for Learning Complex Scientific Concepts*. Computer Modeling and Simulation in Science Education.
- Fällman, D. (1998). *VR in Education: An Introduction to Multisensory Constructivist Learning Environments*. Retrieved March, 2001 on the world wide web:
<http://www.informatik.umu.se/~dfallman/projects/vrie/intro.html>
- Freedman, J. (1998). *The Promise Of Virtual Reality: Emerging Technologies in Education and Instruction*. 1998. Retrieved March, 2001 on the world wide web
<http://coents2.coe.iup.edu/ac750/FREEPAPE.html>
- Hoffman, H.G., Hullfish, K. and Houston, S.J. (1995). *Virtual Reality Monitoring*. **Proceeding of VRAIS '95** March 11-14, 1995. Chapel Hill, NC. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press. Human Interface Technology Laboratory Special Publication, **HITL**
Retrieved August, 2001 on the world wide web:
<http://www.hitl.washington.edu/publications/r-99-7/>
- Mok Soon Sang (2000). **Pedagogi 2-Pengajaran dan Pembelajaran**
- Osberg K.M. (1997). *Constructivism in Practice: The Case for Meaning-Making in the Virtual World*, Unpublished Ph.D. Dissertation, University of Washington, College of Engineering.
- Osberg, K.M. (1993). *Virtual Reality and Education: A Look at Both Sides of the Sword*. **HITL** Technical Report R-93-7. Seattle: Human Interface Technologies Laboratory.
- Osberg, K.M. (1995). *The Teacher's Guide to Developing Virtual Environments*. Human Interface Technology Laboratory Special Publication, **HITL**. VRRV Project Support.
- Projek Rintis Sekolah Bestari*. (2000). Retrieved March, 2001 on the world wide web: <http://sedaka.net.tripod.com/b-menusmrtsch.html>
- Suip, S. (2000). Melayu dan Sains. **PEMIKIR** October-December 2000: 117-150.
- Winn, W. (1993). *A Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality*. **HITL** Technical Report R-93-9. Seattle: Human Interface Technologies Laboratory.

Youngblut, C. (1998). *Educational Uses of Virtual Reality Technology*, Institute for Defense Analyses (IDA).