

PEMBELAJARAN BERBASIS SIMULASI KOMPUTER UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF MAHASISWA

Muh. Tawil

Universitas Negeri Makassar, Kampus Gunungsari Baru, Jl. AP Pettarani, Makassar
e-mail: tawil_mohammad@yahoo.co.id

Abstract: Computer Simulation-based Learning to Improve Students' Creative Thinking Skills.

This study aimed to determine the category of improving the students' creative thinking skills. The study involved 76 students of physical education, State University of Makassar. The data were collected using tests of creative thinking skills and analyzed using N-gain test. The results show that the students who complete a computer simulation based learning have on average N-gains creative thinking skills were better than students who participated in the conventional teaching. The students with computer simulation based learning were better in five indicators of creative thinking skills than those with conventional teaching. The students taking a computer simulation based learning material were better in three sub-quantum physics than those in the conventional teaching and learning.

Keywords: computer simulations-based learning, creative thinking skills

Abstrak: Pembelajaran Berbasis Simulasi Komputer untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Mahasiswa.

Penelitian ini bertujuan mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa dengan pembelajaran berbasis simulasi komputer. Subjek adalah 76 mahasiswa Fisika FMIPA Universitas Negeri Makassar dalam kelas kontrol dan kelas eksperimen. Data dikumpulkan dengan tes keterampilan berpikir kreatif, dan dianalisis dengan uji *N-gain*. Keempat submateri fisika kuantum yang dibelajarkan adalah radiasi termal, efek fotolistrik, efek Compton dan partikel bebas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa yang mengikuti pembelajaran berbasis simulasi computer memiliki rerata *N-gain* keterampilan berpikir kreatif yang lebih tinggi dibanding pada pembelajaran konvensional. Mahasiswa memiliki rerata *N-gain* yang tinggi pada lima indikator keterampilan berpikir kreatif, sedangkan pada pembelajaran konvensional rerata *N-gain* untuk semua indikator keterampilan berpikir kreatif tergolong rendah. Mereka memiliki rerata *N-gain* yang tinggi untuk keterampilan berpikir kreatif, pada 3 submateri fisika kuantum yang dibelajarkan, sementara pada pembelajaran konvensional rerata *N-gain* yang sama pada semua submateri yang dibelajarkan tergolong rendah.

Kata kunci: pembelajaran berbasis simulasi komputer, keterampilan berpikir kreatif

Pemahaman mahasiswa tentang fisika kuantum selama ini tergolong rendah. Hal ini disebabkan karena beberapa konsep di dalam materi fisika kuantum seperti karakteristik radiasi termal, efek fotolistrik, dan gelombang partikel memiliki sifat sulit dibayangkan, menantang secara matematika, *counter intuitif*, dan memang tidak mudah untuk dipahami. Hal-hal tersebut menyebabkan mahasiswa frustrasi dalam membangun model-model mental, sehingga mahasiswa sulit mengembangkan keterampilan berpikirnya serta juga menyebabkan mahasiswa tidak mampu memahami konsep-konsep

fisika dengan baik (Sevgi, 2006; Hoshino, 2009; Banks dkk., 1998).

Liliasari (2005) mengemukakan bahwa keterampilan berpikir kreatif sangat menentukan dalam membangun kepribadian dan pola tindakan dalam kehidupan setiap insan Indonesia. Karena itu, pembelajaran sains perlu diberdayakan untuk mencapai maksud tersebut. Widowati (2009) menyatakan bahwa keterampilan berpikir kreatif merupakan salah satu komponen dalam isu kecerdasan abad ke-21. Di samping itu, pembelajaran pada materi fisika kuantum kemungkinan

sulit untuk menghasilkan pemahaman yang baik, terutama tentang hubungan antara persamaan-persamaan radiasi benda hitam, serta karakteristik gelombang dan partikel. Hasil tersebut didukung oleh penelitian terdahulu yang menemukan bahwa mahasiswa sulit memahami perkuliahan fisika kuantum di perguruan tinggi (Dobrzanski dkk., 2007; Huang dkk., 2006).

Salah satu alternatif untuk mengatasi masalah tersebut di atas adalah tersedianya suatu model pembelajaran berbasis simulasi interaktif yang menarik, dan yang mampu mengarahkan peserta didik untuk berkonsentrasi kepada isi pembelajaran yang berkaitan dengan makna simulasi yang ditampilkan, dalam hal ini teks materi pelajaran. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Price dkk. (2009) yang menyimpulkan bahwa penerapan visualisasi komputer dalam pembelajaran akan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif seseorang.

Model pembelajaran berbasis simulasi interaktif dapat menggugah emosi, mempermudah peserta didik memahami konsep dan merangsang berpikir tingkat tinggi, khususnya keterampilan berpikir kreatif, serta yang mampu mempercepat pencapaian tujuan pembelajaran melalui informasi yang terkandung dalam persamaan-persamaan matematik, gambar, ataupun grafik. Hal ini didukung oleh hasil penelitian yang menyatakan bahwa pembelajaran dengan menerapkan simulasi komputer membantu mahasiswa memahami materi fisika dasar (Finkelstein dkk., 2006), dan dalam mempelajari fisika kuantum (Belloni & Cristian, 2006; Bossomaier & Snyder, 2005; Billinger & Robler, 2006; Northcott dkk., 2007; Ming & Hyun, 2007; McKagan dkk., 2008; Hamlen, 2009).

Hamlen (2009) mengemukakan bahwa kekuatan berpikir kreatif melampaui apa yang dia sebut kemampuan menyerap, kemampuan menyimpan kekuatan, dan kemampuan penalaran. Kemampuan berpikir kreatif merupakan komponen emosional yang lebih penting daripada intelektual. Hal ini menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kreatif merupakan salah satu variabel yang menentukan keberhasilan peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran. Penelitian ini bertujuan mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa dengan pembelajaran berbasis simulasi komputer.

METODE

Subjek dalam penelitian ini adalah semua mahasiswa semester ganjil tahun akademik 2010/2011 yang memrogramkan mata kuliah gelombang dan optika di Program Studi Pendidikan Fisika di LPTK pada salah satu Universitas di Makassar, Sulawesi Selatan. Jumlah subjek pada kelas eksperimen dan kelas kon-

trol masing-masing 38 orang. Metode penelitian yang digunakan adalah *mixed methods* dengan rancangan penelitian *Model Experimental Embedded* (Creswell & Plano-Clark, 2007). Kelas kontrol dibelajarkan dengan pembelajaran konvensional, sedangkan kelas eksperimen dibelajarkan dengan pembelajaran berbasis simulasi komputer.

Instrumen tes keterampilan berpikir kreatif berupa tes tulis sebanyak 35 soal pada materi fisika kuantum yang berbentuk *open ended* (essay) digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kreatif mahasiswa sebelum dan sesudah pembelajaran, baik untuk kelas kontrol maupun kelas eksperimen. Tes ini mencakup tujuh aspek keterampilan berpikir kreatif, yaitu keterampilan mengembangkan pengetahuan yang telah dimiliki mahasiswa, keterampilan memrediksi dari informasi terbatas, keterampilan merumuskan masalah, keterampilan merumuskan hipotesis, keterampilan menguji hipotesis, keterampilan membangkitkan rasa ingin tahu, dan keterampilan memandang informasi dari sudut pandang yang berbeda.

Peningkatan yang terjadi sebelum dan sesudah pembelajaran dianalisis dengan menggunakan uji *gain* ternormalisasi (*N-gain*) dengan batasan apabila *N-gain* bernilai lebih besar dari 0,7 maka termasuk dalam kategori tinggi; apabila *N-gain* bernilai antara 0,3 dan 0,7 maka termasuk dalam kategori sedang; dan apabila *N-gain* bernilai lebih kecil 0,3 maka termasuk dalam kategori rendah (Meltzer, 2002; Colleta & Philips, 2005).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rerata tes keterampilan berpikir kreatif sebelum dan sesudah pembelajaran pada kedua kelas menunjukkan bahwa *N-gain* keterampilan berpikir mahasiswa yang mengikuti pembelajaran berbasis simulasi komputer lebih tinggi daripada yang mengikuti pembelajaran konvensional. Ditemukan bahwa rerata *N-gain* keterampilan berpikir kreatif mahasiswa pada materi fisika kuantum kelas eksperimen termasuk dalam kategori tinggi, dan pada kelas kontrol termasuk dalam kategori rendah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa pada materi fisika kuantum dengan pembelajaran berbasis simulasi komputer adalah lebih tinggi dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Hasil ini dapat terjadi kemungkinan karena pada kelas eksperimen mahasiswa yang mengikuti pembelajaran berbasis simulasi komputer melakukan latihan-latihan keterampilan berpikir kreatif secara bertahap dan berkelanjutan baik dalam bentuk tugas-tugas yang terdapat dalam lembar kerja mahasiswa maupun kegiatan evaluasi pada setiap sub materi fisika kuantum. Komponen-

komponen pembelajaran direkam dengan menggunakan *Compact Disc (CD)* sehingga mahasiswa dapat memelajari dan berlatih pada saat mereka membutuhkan pendalaman teori-teori dan konsep-konsep. Hal ini sesuai dengan prinsip penerapan *software* pembelajaran yang dikemukakan oleh Heinrich dkk. (2008) bahwa sistem *software* pembelajaran dapat menyampaikan isi materi pembelajaran kepada peserta didik secara langsung baik dalam individu maupun kelompok dengan cara berinteraksi dengan mata pelajaran yang diprogramkan ke dalam sistem komputer; dapat menampilkan berbagai fakta, konsep dan mudah diakses dan dioperasikan oleh peserta didik dan pengajar, sehingga peserta didik lebih mudah memahami materi pelajaran dan mampu mengembangkan keterampilan berpikirnya.

Susunan isi materi fisika kuantum yang dipelajari oleh mahasiswa diuraikan secara terstruktur, yang dimulai dengan menguraikan standar kompetensi, kompetensi dasar, dan tujuan pembelajaran yang akan dicapai, peta konsep. Pada setiap pokok bahasan dilengkapi dengan kata-kata penting yang menjadi petunjuk bagi mahasiswa tentang konsep-konsep yang harus dipahami. Gambar, grafik dan persamaan-persamaan matematis disajikan secara jelas dengan disertai penjelasan atau keterangan, demikian pula konsep-konsep diuraikan secara jelas pada setiap bab dan sub-bab sehingga mereka mudah memahaminya.

Program simulasi ditampilkan secara interaktif dengan berbagai variasi bentuk simulasi yang berkaitan dengan materi fisika kuantum. Program simulasi tersebut dilengkapi dengan *flow chart* program yang dimaksudkan agar mereka dapat mengetahui bagaimana alur program simulasi dibuat. Pada setiap program simulasi dilengkapi dengan teori singkat, persamaan-persamaan, satuan-satuan, dan konstanta-konstanta yang digunakan dalam simulasi. Hal ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran bagaimana hubungan antara variabel-variabel (manipulasi, respon, dan kontrol) yang berkaitan dengan program simulasi yang mereka pelajari. Demikian pula pada lembaran program simulasi dilengkapi juga dengan “perintah” agar mereka senantiasa melakukan latihan berpikir kreatif. Pada pedoman untuk mahasiswa, pembahasannya dimulai dengan pendahuluan yang menekankan aspek peningkatan keterampilan berpikir kreatif. Pada pedoman ini dikemukakan juga tentang maksud perkuliahan fisika kuantum diajarkan, yaitu untuk membuka cakrawala baru cara berpikir, dan mengurangi kerumitan yang terjadi akibat penggunaan bahasa simbolik matematik. Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Brotosiswoyo (2001) yang menyatakan bahwa penggunaan mesin komputer sebagai media pembelajaran dapat mengurangi kerumitan yang

terjadi akibat menggunakan bahasa simbolik matematik yang berlebihan.

Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) berisi soal-soal yang harus dikerjakan oleh mahasiswa pada saat mengikuti pembelajaran berbasis simulasi komputer. Soal-soal tersebut diawali dengan suatu “pernyataan” gejala fisika kuantum dan berkaitan dengan setiap topik yang dipelajari. Berdasarkan pernyataan tersebut, mahasiswa berlatih untuk mengembangkan pengetahuannya, melakukan prediksi dari informasi terbatas, merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, menguji hipotesis, dan memandang informasi dari sudut pandang yang berbeda.

Dalam pembelajaran berbasis simulasi komputer, mahasiswa berlatih untuk mampu membuat sendiri program untuk menguji hipotesis dan menganalisis kaitan antara variabel-variabel (manipulasi, respon dan kontrol) pada persamaan matematis yang telah mereka buat. Penampilan hubungan variabel-variabel tersebut sangat menarik bagi mereka karena secara langsung dapat mengetahui apakah hipotesis yang telah dirumuskan sesuai dengan hasil simulasi atau bertentangan. Perhitungan dan skema grafik dibuat sangat menarik, cepat dan tepat hasilnya. Hasil penelitian ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Anderson & Krathwohl (2001) bahwa keterampilan menganalisis berkaitan dengan berbagai variabel, termasuk merumuskan masalah yang meliputi keterampilan seseorang untuk memahami bahan atau ide yang direkam, diubah, atau disusun dalam bentuk lain, misalnya dalam bentuk grafik, peta konsep, tabel, simbol, dan sebaliknya serta kemampuan seseorang untuk menerjemahkan suatu kondisi abstrak menjadi suatu pernyataan yang konkret, misalnya keterampilan menerjemahkan hubungan yang terkandung dalam bentuk simbolik, meliputi ilustrasi, peta, tabel, diagram, grafik, persamaan matematis dan rumus-rumus lain ke dalam bentuk verbal dan sebaliknya.

Pembelajaran berbasis simulasi komputer sangat terpusat pada peserta didik; dosen hanya bertindak sebagai fasilitator dan membantu secara terbatas bagi mereka yang mengalami kesulitan dalam memahami konsep dan membuat program simulasi. Pembelajaran seperti ini ternyata menyenangkan bagi peserta didik karena mereka dengan bebas mengeksplorasi keterampilan-keterampilan berpikir kreatifnya. Pembelajaran semacam ini juga sesuai dengan tingkat kemampuan peserta didik yang sudah termasuk dalam kategori orang dewasa. Menurut Knowles (2008; 2009) dan Muirhead, B. (2007), orang dewasa memiliki kemampuan untuk berpikir kreatif dan mengevaluasi diri, mampu merevisi asumsi-asumsi lamanya dan pemahaman barunya serta dari sudut pandang yang baru, agar sanggup melakukan tugas di dalam konteks sosialnya.

Tabel 1. Rerata *N-gain* pada Setiap Indikator Keterampilan Berpikir Kreatif

No	Indikator Keterampilan Berpikir Kreatif	Rerata <i>N-gain</i> Setiap Indikator Keterampilan Berpikir Kreatif					
		Kelas Eksperimen			Kelas Kontrol		
		T	S	R	T	S	R
1.	Mengembangkan pengetahuan yang telah dimiliki oleh mahasiswa	0,9	-	-	-	-	-0,3
2.	Memrediksi dari informasi terbatas	-	0,7	-	-	-	-0,5
3.	Merumuskan masalah	0,9	-	-	-	-	-0,4
4.	Merumuskan hipotesis	0,9	-	-	-	-	-0,2
5.	Menguji hipotesis	0,9	-	-	-	-	0,2
6.	Membangkitkan keingintahuan dan hasrat ingin tahu	0,9	-	-	-	-	0,2
7.	Memandang informasi dari sudut pandang yang berbeda	-	0,7	-	-	-	0,1

Keterangan: T = tinggi; S = sedang; dan R = rendah

Peningkatan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa pada setiap indikator yang diteliti pada kedua kelas sebelum dan sesudah pembelajaran, dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa pada kelas eksperimen semua indikator keterampilan berpikir kreatif mengalami peningkatan. Terdapat 5 (lima) indikator yang mengalami peningkatan dengan kategori tinggi, yaitu mengembangkan pengetahuan yang telah dimiliki oleh mahasiswa, merumuskan hipotesis, menguji hipotesis, memandang informasi dari sudut pandang yang berbeda, dan membangkitkan keingintahuan dan hasrat ingin tahu. Dua indikator lainnya termasuk dalam kategori sedang. Pada kelas kontrol didapatkan bahwa semua indikator keterampilan berpikir kreatif termasuk dalam kategori rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa mahasiswa dengan pembelajaran berbasis simulasi komputer mengalami peningkatan keterampilan berpikir kreatif yang efektif untuk semua indikator keterampilan berpikir kreatif, dibandingkan dengan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. Meskipun demikian, ditemukan juga bahwa mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional pun telah memiliki keterampilan berpikir kreatif pada setiap indikator walaupun keterampilan tersebut masih rendah. Jadi, yang membedakan keterampilan berpikir kreatif pada kedua kelas adalah bahwa mahasiswa yang mengikuti pembelajaran berbasis simulasi komputer telah mendapatkan kesempatan berlatih secara bertahap dan berkelanjutan

sehingga keterampilan berpikir kreatif mereka mengalami perkembangan yang cepat dibandingkan dengan mahasiswa pada kelas kontrol yang tidak mendapatkan kesempatan berlatih secara intensif mengembangkan keterampilan berpikir kreatifnya.

Tabel 2. Rerata *N-gain* Keterampilan Berpikir Kreatif Setiap Topik Fisika Kuantum

No	Topik	Rerata <i>N-gain</i> Keterampilan Berpikir Kreatif pada Setiap Topik					
		Kelas Eksperimen			Kelas Kontrol		
		T	S	R	T	S	R
1.	radiasi termal	0,9	-	-	-	-	-0,7
2.	efek fotolistrik	0,9	-	-	-	-	-0,2
3.	efek Compton	0,9	-	-	-	-	0,0
4.	partikel bebas	-	0,7	-	-	-	0,0

Keterangan: T = tinggi, S = sedang, R = rendah

Peningkatan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa pada setiap submateri/topik fisika kuantum pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan data pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa bahwa rerata *N-gain* keterampilan berpikir kreatif mahasiswa pada kelas eksperimen untuk setiap topik fisika kuantum adalah lebih tinggi dibanding dengan rerata *N-gain* yang sama pada pembelajaran konvensional. Rerata *N-gain* keterampilan berpikir kreatif mahasiswa pada kelas eksperimen yang termasuk dalam kategori tinggi yakni pada topik radiasi termal, efek fotolistrik, dan efek Compton, sedangkan pada topik partikel bebas termasuk dalam kategori sedang. Pada kelas kontrol rerata *N-gain* keterampilan berpikir kreatif untuk semua topik termasuk kategori rendah.

Perbedaan *N-gain* keterampilan berpikir kreatif yang dikaitkan dengan materi fisika kuantum ini terjadi mungkin disebabkan karena mahasiswa yang mengikuti pembelajaran berbasis simulasi komputer melakukan latihan berpikir kreatif pada setiap sub-materi fisika kuantum secara bertahap dan berkelanjutan. Hasil temuan ini juga sesuai dengan indikator yang telah dirumuskan oleh Liliarsari (2005), Norton (2006), de Bono (2007), McGregor (2007), serta Northcott dkk. (2007).

Pada saat mahasiswa mempelajari materi pembelajaran pada topik radiasi termal, mahasiswa dilatih mengembangkan pengetahuan tentang hubungan antara panjang gelombang dengan suhu benda hitam yang telah dimilikinya, mampu melakukan prediksi dari suatu informasi yang terbatas tentang radiasi termal, mampu membangkitkan keingintahuan mahasiswa ter-

hadap radiasi termal, mampu merumuskan masalah yang berkaitan dengan radiasi termal. Di samping itu, pembelajaran tersebut juga mampu merumuskan hipotesis yang berkaitan dengan radiasi termal, dan mampu menguji hipotesis yang berkaitan dengan radiasi termal, memotivasi mahasiswa dengan mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang berhubungan dengan materi radiasi termal, misalnya jenis variabel apakah yang berkaitan dengan panjang gelombang radiasi termal. Untuk menjawab pertanyaan ini mahasiswa mengembangkan pengetahuan yang telah mereka miliki, yakni mereka harus mengetahui fungsi radiasi terhadap panjang gelombang. Pada saat pembelajaran, setelah salah seorang mahasiswa menjawab pertanyaan, dosen memberikan kesempatan kepada mahasiswa yang lain untuk menanggapi jawaban tersebut. Dosen dalam hal ini hanya mengarahkan para mahasiswa untuk mencari jawaban yang benar. Setelah diperoleh jawaban yang benar, selanjutnya dosen menyajikan prinsip-prinsip umum proses pembuatan program simulasi dan latihan berpikir kreatif (merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, membuat simulasi sederhana, menentukan variabel-variabel yang berpengaruh dalam simulasi) yang berkaitan dengan radiasi termal berdasarkan simulasi yang diamati oleh para mahasiswa.

Setelah mahasiswa dilatih membuat program simulasi radiasi termal, kemudian dilanjutkan dengan berlatih mengembangkan pengetahuannya dengan cara mengembangkan variabel-variabel yang berhubungan dengan simulasi radiasi termal, yakni menganalisis kaitan antara variabel manipulasi terhadap variabel respon, dan variabel kontrol. Melalui latihan-latihan tersebut mahasiswa telah melakukan prediksi informasi yang terbatas. Mahasiswa berlatih bagaimana membuat satu masalah yang berkaitan dengan simulasi radiasi termal yang mereka buat dan berdasarkan rumusan masalah tersebut mereka membuat hipotesis dan dilanjutkan dengan menguji hipotesis untuk membuktikan apakah hipotesis mereka benar atau tidak dengan hasil pengujian.

Pada pembelajaran berbasis simulasi komputer pada topik radiasi termal, mahasiswa mengembangkan keterampilan berpikir kreatif dengan memandang suatu objek dengan cara yang berbeda, dalam hal ini dosen menyarankan mengganti fungsi radiasi dengan fungsi radiasi yang lain, misalnya fungsi terhadap frekuensi. Mahasiswa menganalisis bagaimana karakteristik grafik simulasinya, bagaimana perubahan frekuensi, suhu.

Pada materi efek fotolistrik dan efek Compton, mahasiswa mempelajari dan membuat simulasi tentang efek tersebut dan hal ini melatih keterampilan berpikir kreatif tentang topik tersebut. Di samping itu,

berkaitan dengan topik tersebut, mahasiswa juga dilatih untuk mampu melakukan prediksi dari suatu informasi yang terbatas; mampu membangkitkan keingintahuan mahasiswa, mampu merumuskan masalah yang berkaitan, mampu merumuskan hipotesis yang berkaitan, dan mampu menguji hipotesis yang berkaitan. Pada pembelajaran ini, mahasiswa berlatih mengembangkan pengetahuannya dengan cara mengembangkan variabel-variabel yang berhubungan dengan simulasi efek fotolistrik dan efek Compton, yakni menganalisis kaitan antara variabel manipulasi terhadap variabel respon dan variabel kontrol. Melalui latihan-latihan tersebut mahasiswa juga telah melakukan prediksi dengan informasi yang terbatas.

Pada topik partikel bebas, mahasiswa mempelajari dan membuat simulasi tentang gelombang-partikel menggunakan keterampilan berpikir kreatif yang terkait dengan keterampilan mengembangkan pengetahuan tentang gelombang-partikel yang telah dimilikinya. Di samping itu, pada topik partikel bebas, mahasiswa dilatih tentang berbagai kemampuan, yaitu mampu melakukan prediksi dari suatu informasi yang terbatas, tentang gelombang-partikel; dilatih mampu membangkitkan keingintahuan terhadap topik tersebut; dilatih mampu merumuskan masalah yang berkaitan; dilatih mampu merumuskan hipotesis yang berkaitan dengan gelombang-partikel; dan dilatih mampu menguji hipotesis yang berkaitan. Mahasiswa juga dilatih mengganti fungsi gelombang dengan fungsi gelombang yang lain, untuk kemudian menganalisis bagaimana karakteristik grafik simulasinya, bagaimana perubahan amplitudo, perubahan fasenya, perubahan kecepatan sudut dan bilangan gelombangnya.

Khususnya untuk materi partikel bebas, ditemukan bahwa keterampilan berpikir kreatif mahasiswa termasuk dalam kategori sedang. Hal ini diduga disebabkan karena mahasiswa tidak dapat membuat pola partikel bebas pada setiap bentuk geometris potensial, dan hal ini mengakibatkan mahasiswa tidak dapat membuktikan hipotesisnya. Akan tetapi, pada pembelajaran tersebut, telah terbukti bahwa mahasiswa dapat mengembangkan keterampilan yang berkaitan dengan pengembangan pengetahuan tentang energi partikel dan potensial *barier* yang telah dimilikinya; melakukan prediksi dari suatu informasi yang terbatas tentang partikel bebas; membangkitkan keingintahuan mahasiswa terhadap partikel bebas; merumuskan masalah yang berkaitan dengan partikel bebas; serta merumuskan hipotesis yang berkaitan dengan partikel bebas. Mahasiswa juga mampu menganalisis bagaimana karakteristik grafik simulasinya, bagaimana perubahan perubahan panjang gelombang, dan pola intensitasnya. Temuan ini sesuai dengan hasil penelitian Moore dkk.

(2013) dan Manisha (2013) yang menemukan bahwa penggunaan pembelajaran simulasi komputer dan laboratorium virtual dapat meningkatkan keterampilan inquiry siswa dan pemahaman konsep fisika.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa yang mengikuti pembelajaran berbasis simulasi komputer memiliki keterampilan berpikir kreatif yang lebih tinggi dibanding mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. Mahasiswa yang mengikuti

pembelajaran berbasis simulasi komputer memiliki keterampilan berpikir kreatif yang tinggi pada lima indikator keterampilan berpikir kreatif, sedangkan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional memiliki keterampilan pada semua indikator keterampilan berpikir kreatif dalam kategori rendah. Mahasiswa yang mengikuti pembelajaran berbasis simulasi komputer memiliki keterampilan berpikir kreatif yang tinggi pada tiga sub-materi fisika kuantum yang dibelajarkan, sementara mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional memiliki keterampilan pada ketiga sub-materi tersebut dengan kategori rendah.

DAFTAR RUJUKAN

- Anderson, W.L. & Krathwohl, R.D. 2001. *A Taxonomi for Learning Teaching and Asessing A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Washington: Addison Wesley Longman.
- Banks, D.C., Foley, J.T., Vidimce, K., Ming-Hoe, K., & Brown, J. 1998. Interactive 3D Visualization of Optical Phenomena. *IEEE Computer Graphics & Applications*, 18 (4): 66-69.
- Belloni, M. & Cristian, W. 2006. *Physlets and Open Source Physics for Quantum Physics: Visualizing Quantum Physics Revivals*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Billinger., M. & Robler, A. 2006. Encouraging Creativity-Support of Mental Processes by Virtual Experience. *Virtual Reality Word 1996. IDG Confernces & Seminar*, (Online), (<http://www.complexity.org.au/ci/vol11/bossom02/bossom02.pdf>), diakses 16 Agustus 2010.
- Bossomaier, T.R.J. & Snyder, A.W. 2005. Complexity, Creativity and Computers. *Complexity International Journal*, 2005 (10): 1-10.
- Brotosiswoyo, B.S. 2001. *Hakekat Pembelajaran MIPA dan Kiat Pembelajaran Kimia di Perguruan Tinggi*. Jakarta: PAU-PPAI.
- Colleta, V.P. & Philips, J.A. 2005. *Interpreting FCI Scores: Normalized Gain Preinstruction Scores, and Scientific Reasoning Ability*. California: Department of Physics, Loyola Marymount University.
- Creswell, J.W. & Plano-Clark, V.L. 2007. *Designing and Conducting. Mixed Methods Research*. London & New Delhi: Sage Publications.
- de Bono, E. 2007. *Revolusi Berpikir*. Bandung: Mizan Media Utama.
- Dobrzanski, L.A., Sliwa, A., & Kwasny, W. 2007. The Computer Simulation of Internal Stresses in Coatings Obtained by the PVD Process. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 20 (1-2): 355-358.
- Finkelstein, N., Adams, W.K., Keller, C.J., Kohl, P.B., Perkins, K.K., Podolefsky, N.S., Reid, S., & LeMaster, R. 2006. When Learning about the Real Word is Better Done Virtually: A Study of Substituting Computer Simulations for Laboratory Equipment. *Phys. Rev. ST: Phys. Educ. Res.* 1, 010103.
- Hamlen, K.R. 2009. Relationships between Computer and Video Game Play and Creativity among Upper Elementary School Students. *Journal of Educational Computing Research*, 40 (1): 1-21.
- Heinrich, R., Molenda, M., & Russel, J.D. 2008. *Instruction Technology for Teaching and Learning: Designing Instruction, Integrating Computers and Using Media* (3rd Ed). Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall.
- Hoshino, T., Benerjee, S., & Itoh, M. 2009. Diffraction Pattern of Triangular Grating in the Resonance Domain. *Journal of the Optical Society of America A*, 26 (3): 715-722.
- Huang, J.G., Christian, J.M. & McDonald, G.S. 2006. Fresnel Diffraction and Fractal Patterns from Polygonal Apertures. *Journal of Optical Society of America A*, 23 (11): 2768-2774.
- Knowles, M.S. 2008. *Andragogy in Action*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Knowles, M.S. 2009. *The Modern Practice of Adult Education: From Pedagogy to Andragogy*. N.Y.: Cambridge, The Adult Education Company.
- Liliasari. 2005. *Membangun Keterampilan Berpikir Manusia Indonesia melalui Pendidikan Sains*. Pidato Pengukuhan Guru Besar Tetap dalam Ilmu Pendidikan IPA Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, 23 November.
- Manisha, B. 2013. Development Concepts in Physics through Virtual Lab Experiment: An Effectiveness Study. *Techno LEARN: An International Journal of Educational Technology*, 3 (1): 43-50.
- McGregor, D. 2007. *Developing Thinking: Developing Learning A Guide to Thinking Skill in Education*. England: McGraw Hill.
- McKagan, S.B., Perkins, K.K., Dubson, M., Malley, C., Reid, S., LeMaster, R., & Wieman, C.E. 2008. Developing and Researching PhET Simulation for Teaching Quantum Mechanics. *American Journal of Physics*, 76 (4-5): 406-417.
- Meltzer, D.E. 2002. The Relantionship between Mathematics Preparation and Conceptual Learning Gains

- in Physics: A Possible 'Hidden Variable' in Diagnostic Pretest Scores. *American Journal of Physics*, 70 (12): 1259-1268.
- Ming, L.C. & Hyun, L. 2007. *Stimulative Mechanism for Creative Thinking*. Taipei: Graduate School of Computational Design, National Yunlin University of Science and Technology, Taiwan.
- Moore, E.B., Herzog, T.A., & Perkins, K.K. 2013. Interactive Simulation as Implicit Support for Guided Inquiry. *Chemistry Education Research and Practice*, 14 (3), 257-268.
- Muirhead, B. 2007. Integrating Creativity into Online University Classes. *Journal Educational Technology & Society*, 10 (1): 1-13.
- Northcott, B., Milliszewska., & Dakich, E. 2007. ICT for Inspiring Creative Thinking. *Proceeding Ascilite Singapore: Full paper: Northcott, Miliszewska and Dakich* (hlm. 761-768). Singapore: Proceeding Ascilite Singapore.
- Norton, M.B. 2006. *Effects Divergent Teaching Techniques Upon Creative Thinking Abilities of Collegiate Student in Agricultural Systems Management Courses*. Thesis in Agricultural Education the Graduate Faculty of Texas Tech. University, (Online), (<http://dspace.lib.ttu.edu/bitstream/handle/2346/1328/MATTHEWNORTONED.pdf>), diakses 1 Maret 2010.
- Price, S., Roussos, G., Falcao, T.P., & Sheridan, J.G. 2009. *Technology and Embodiment: Relationships and Implications for Knowledge, Creativity and Communication, Beyond Current Horizons*. London: Technology Chidrent School and Families, London Knowledge Lab.
- Sevgi, L. 2006. Numerical Simulation Approaches for Phased Array Design. *ACES Journal of Applied Computational Electromagnetic Society*, 21 (3): 206-217.
- Widowati, A. 2009. *Inovasi dalam CAI: Creative Thinking melalui Software Mind Mapping*. Makalah pada The International Seminar on Information and Communication Technology (ICT) in Education, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 13-14 Februari.