

# MODEL *VIRTUAL LABORATORY* FISIKA MODERN UNTUK MENINGKATKAN DISPOSISI BERPIKIR KRITIS CALON GURU

Gunawan dan Liliasari

FKIP Universitas Mataram dan FMIPA Universitas Pendidikan Indonesia  
(email: fisgun\_unram@yahoo.co.id dan email: liliasari@upi.edu)

**Abstrak: Model *Virtual Laboratory* Fisika Modern untuk Meningkatkan Disposisi Kritis Calon Guru.** Penulis mengembangkan laboratorium visual untuk pembelajaran fisika modern. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan model laboratorium virtual fisika modern pada disposisi berpikir kritis mahasiswa. Sebanyak 64 mahasiswa yang terbagi dalam kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dilibatkan dalam penelitian ini. Instrumen penelitian menggunakan uji disposisi berpikir kritis yang terintegrasikan dengan penguasaan konsep-konsep fisika modern. Data dianalisa menggunakan uji “mean-difference” dan “normalized gain scores”. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa model laboratorium virtual fisika modern efektif meningkatkan disposisi berpikir kritis mahasiswa.

**Kata Kunci:** *virtual laboratory, fisika modern, disposisi berpikir kritis*

**Abstract: Model *Virtual Laboratory* Modern Physics to Increase Pre-Service Teachers' Critical Disposition.** This study was aimed to reveal the effectiveness of the modern physics virtual laboratory model on the students critical thinking disposition. Sixty-four students divided into two groups, the experimental and control groups, were involved in this study. An instrument used to test the students' critical thinking disposition was utilized, integrated with the mastery of modern physics concepts. The data were analyzed using the mean difference test and normalized gain scores. The findings showed that the modern physics virtual laboratory model was effective to improve the students' critical thinking disposition.

**Keywords:** *virtual laboratory, modern physics, critical-thinking disposition*

## PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan penting dalam pembelajaran fisika adalah rendahnya kualitas pembelajaran pada berbagai jenjang pendidikan. Kualitas proses dan hasil belajar fisika ditentukan oleh banyak faktor, salah satunya

ketersediaan sarana laboratorium. Kegiatan laboratorium merupakan hal yang penting dilaksanakan dalam pembelajaran fisika karena melalui kegiatan laboratorium aspek produk, proses, dan sikap peserta didik dapat lebih dikembangkan.

Pelaksanaan praktikum fisika sangat penting dalam rangka mendukung pembelajaran dan memberikan penekanan pada aspek proses. Hal ini didasarkan pada tujuan pembelajaran fisika sebagai proses, yaitu meningkatkan keterampilan berpikir peserta didik sehingga mereka tidak hanya mampu dan terampil dalam bidang psikomotorik, melainkan juga mampu berpikir sistematis, objektif, dan kreatif. Sinaradi (1998:147) menyatakan bahwa untuk memberikan penekanan lebih besar pada aspek proses, peserta didik perlu diberikan keterampilan seperti mengamati, menggolongkan, mengukur, berkomunikasi, menafsirkan data, dan bereksperimen secara bertahap sesuai dengan tingkat kemampuan berpikir anak dan materi pelajaran yang sesuai dengan kurikulum.

Hasil analisis terhadap kurikulum fisika sekolah menunjukkan bahwa penyelenggaraan kegiatan laboratorium sangat dibutuhkan untuk menunjang keberhasilan pembelajaran. Keberhasilan penyelenggaraan kegiatan laboratorium sangat bergantung pada peran guru. Sayangnya, hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan guru fisika dalam merancang dan melaksanakan percobaan masih relatif rendah. Selain rendahnya kemampuan guru dalam merancang dan melaksanakan percobaan, kegiatan praktikum fisika juga dihadapkan pada berbagai masalah, di antaranya peralatan laboratorium mahal, sarana laboratorium yang dimiliki terbatas, serta kesulitan melakukan praktikum pada konsep fisika yang abstrak. Pada konsep fisika yang abstrak, terdapat kesulitan untuk menampilkan

proses fisis secara langsung melalui kegiatan laboratorium yang riil. Kondisi ini menyebabkan tingkat penguasaan konsep fisika peserta didik rendah.

Berangkat dari kenyataan tersebut, upaya peningkatan kualitas guru melalui pendidikan calon guru harus terus-menerus dilakukan. Salah satunya dengan membekali mereka pengetahuan dan pengalaman langsung dalam melakukan percobaan-percobaan fisika, termasuk percobaan yang melibatkan konsep fisika yang abstrak dengan pemanfaatan teknologi informasi yang relevan. Hal ini diperlukan karena selain tidak tersedianya peralatan laboratorium yang memadai di Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK), juga tidak semua percobaan dapat dilakukan secara langsung di laboratorium.

Laboratorium dalam pembelajaran fisika termasuk di LPTK memiliki peranan penting. *Pertama*, sebagai wahana untuk mengembangkan keterampilan dasar mengamati atau mengukur dan keterampilan proses lainnya. *Kedua*, laboratorium sebagai wahana untuk membuktikan konsep atau hukum-hukum alam sehingga dapat lebih memperjelas konsep yang telah dibahas sebelumnya. *Ketiga*, sebagai wahana mengembangkan keterampilan berpikir melalui proses pemecahan masalah dalam rangka mahasiswa menemukan konsep sendiri. Melalui peran ini, laboratorium telah dijadikan wahana untuk *learning how to learn* (Wiyanto, 2008: 35).

Salah satu matakuliah dalam struktur kurikulum pendidikan fisika di LPTK adalah fisika modern. Fisika modern merupakan salah satu matakuliah penting dalam fisika karena mendasari

beberapa matakuliah lanjutan lainnya, di antaranya fisika kuantum, fisika zat padat, fisika statistik, dan fisika inti. Secara umum, konsep fisika modern meliputi: teori relativitas khusus, teori kuantum radiasi elektromagnetik dan materi, atom-atom serupa hidrogen, atom-atom berelektron banyak, fisika inti, dan sistem-sistem atomik.

Berdasarkan analisis pada materi fisika modern di atas, dapat diketahui adanya sejumlah eksperimen yang diperlukan untuk mendukung proses pembelajaran. Hasil analisis menunjukkan bahwa materi teori kuantum radiasi merupakan materi dengan sebaran eksperimen yang lebih banyak. Selain itu, materi ini juga memiliki tingkat kesulitan yang lebih tinggi dibandingkan materi lainnya. Kesimpulan ini didasarkan pada hasil studi pendahuluan yang dilakukan sebelumnya, ketika guru fisika dan dosen pengajar fisika modern diminta membuat urutan materi dalam fisika modern berdasarkan tingkat kesulitan.

Selain analisis sebaran eksperimen, analisis konsep pada materi fisika modern menunjukkan bahwa konsep-konsep dalam fisika modern umumnya adalah konsep yang abstrak sehingga perlu divisualisasikan. Konsep yang abstrak menyebabkan mahasiswa mengalami kesulitan untuk memahami konsep fisika modern dengan baik. Hal ini berimplikasi pada rendahnya hasil belajar mahasiswa pada matakuliah fisika modern. Alternatif solusi yang ditawarkan di antaranya melalui pemanfaatan teknologi komputer. Finkelstein (2005: 3) mengatakan bahwa komputer dapat digunakan untuk menunjang pelaksana-

naan praktikum fisika, baik untuk mengumpulkan data, menyajikan, dan mengolah data. Selain itu, komputer juga dapat digunakan untuk memodifikasi eksperimen dan menampilkan eksperimen lengkap dalam bentuk virtual.

Teknologi komputer dapat diadaptasi menjadi sebuah pendekatan pembelajaran yang aktif. Teknologi komputer memungkinkan adanya perpaduan antara tatap-muka (*face to face*) dengan pembelajaran *online*. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan antara lain pendekatan yang mungkin diterapkan, strategi, teknik, dan peralatan yang ada (Garrison, 2008:105). Teknologi komputer memungkinkan realisasi konsep fisika modern tersebut dalam program komputer dengan menggunakan piranti lunak yang mudah dipelajari. Sejumlah bentuk interaksi dapat dimunculkan melalui media komputer, seperti penyajian praktik dan latihan, tutorial, permainan, simulasi, penemuan, dan pemecahan masalah.

Salah satu bentuk pemanfaatan teknologi komputer dalam pembelajaran fisika modern adalah pengembangan *virtual laboratory*. *Virtual laboratory* didefinisikan sebagai suatu bentuk objek multimedia interaktif. Objek multimedia interaktif terdiri dari bermacam format heterogen, termasuk teks, hipertexts, suara, gambar, animasi, video, dan grafik. *Virtual laboratory* merupakan objek multimedia interaktif yang kompleks dan termasuk bentuk digital baru, dengan tujuan pembelajaran implisit atau eksplisit (Budhu, 2002:2). Pembelajaran dengan *virtual laboratory* memungkinkan mahasiswa lebih mandiri, dapat meningkatkan kemampuan berpikir dan

kemampuan mengkomunikasikan ide (Smith, 2002:73).

Melalui model *virtual laboratory*, mahasiswa diberi tantangan untuk memecahkan masalah dengan versi *online* atau aplikasi. Laboratorium virtual fokus pada tindakan peserta dalam *setting* yang realistis. Laboratorium virtual adalah sebuah kesuksesan awal dan momentum pengembangan elemen simulasi (disebut *sims*) mandiri, dan sekarang melakukan hal yang sama untuk *sims* dunia virtual (Aldrich, 2009: 29).

Dalam model *virtual laboratory* fisika modern, materi yang dipilih adalah teori kuantum radiasi yang meliputi teori foton, efek fotolistrik, efek Compton, produksi pasangan, gelombang de Broglie, difraksi elektron, dan prinsip ketidakpastian Heisenberg. Materi ini dipilih karena banyaknya eksperimen yang bisa dilakukan selain tingkat kesulitan yang lebih tinggi dan abstraknya konsep yang terlibat sehingga perlu untuk divisualisasikan. Hal ini dimaksudkan agar model *virtual laboratory* yang dibuat dapat memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap perolehan hasil belajar dan tingkat berpikir mahasiswa.

Hasil penelitian dalam pembelajaran fisika berbantuan komputer menunjukkan adanya korelasi positif antara media pembelajaran komputer dengan penguasaan konsep dan keterampilan berpikir mahasiswa. McKagan, (2008: 413) menemukan bahwa penggunaan simulasi komputer pada materi mekanika kuantum dapat meningkatkan hasil belajar dan aktivitas mahasiswa di kelas. Penggunaan simulasi komputer membantu mahasiswa mengatasi ke-

sulitan belajar dan meningkatkan keterampilan berpikir pada materi ini.

Gunawan dan Setiawan (2010:231) menemukan bahwa penggunaan *virtual laboratory* fisika modern juga dapat meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa calon guru, khususnya pada konsep teori kuantum radiasi elektromagnetik dan materi. Hasil penelitian Abdurrahman dan Liliyasi (2010:213) menunjukkan bahwa model pembelajaran yang didukung simulasi interaktif dapat meningkatkan disposisi berpikir kritis mahasiswa. Disposisi berpikir kritis mahasiswa kelas eksperimen berbeda secara signifikan dengan kelas kontrol yang belajar secara konvensional. Indikator disposisi *open-mindedness* mengalami peningkatan tertinggi pada kelas eksperimen.

Berdasarkan alasan tersebut di atas, dalam penelitian ini telah dikembangkan sebuah model *virtual laboratory* fisika modern sebagai salah satu alternatif keterbatasan peralatan laboratorium untuk eksperimen fisika modern. Model *virtual laboratory* ini akan membantu visualisasi konsep abstrak dan menampilkan proses fisis secara lengkap. Model ini penting dikembangkan karena tidak semua eksperimen fisika modern dapat dilakukan secara riil di laboratorium. Dalam artikel ini dijelaskan deskripsi model *virtual laboratory* fisika modern yang telah dikembangkan dan pengaruh penggunaan model *virtual laboratory* fisika modern terhadap peningkatan disposisi berpikir kritis (DBKr) mahasiswa. Selain itu, dijelaskan pula hubungan antara konsep fisika modern dengan disposisi berpikir kritis maha-

siswa yang belajar dengan model *virtual laboratory* fisika modern.

## METODE

Penelitian ini termasuk jenis penelitian pengembangan. Metode penelitian pengembangan adalah suatu metode yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji efektivitas produk tersebut (Sugiyono, 2008:407). Dalam penelitian ini, telah dikembangkan suatu model *virtual laboratory* untuk pembelajaran fisika modern. Model *virtual laboratory* dikembangkan menggunakan program *Macromedia Director MX*, sedangkan beberapa simulasi interaktif dan animasi menggunakan perpaduan *Macromedia Flash 8* dan *Java Applet*.

Pengembangan model dimulai dengan analisis awal dan pengembangan draft. Draft yang sudah dikembangkan selanjutnya divalidasi oleh ahli. Validasi dilakukan pada 2 hal, yaitu validasi pada materi fisika modern dan eksperimennya serta validasi pada model *virtual laboratory* yang dikembangkan. Setelah divalidasi, selanjutnya dilakukan ujicoba terbatas untuk menyempurnakan fitur dan keterbacaan program yang melibatkan 9 orang mahasiswa. Selanjutnya, dilakukan ujicoba dengan skala lebih luas, yang melibatkan 28 orang mahasiswa untuk mendapatkan informasi tambahan tentang penerapan model ini dalam pembelajaran fisika modern. Di antara informasi yang diperoleh antara lain tentang perlunya penjelasan tambahan materi, waktu tampilnya LKM, tambahan waktu pembelajaran, dan kesulitan eksplorasi beberapa fitur pada spesifikasi komputer tertentu. Semua masukan dalam pro-

ses ujicoba ini selanjutnya digunakan untuk menyempurnakan model *virtual laboratory* sebelum digunakan pada proses pengujian efektivitas model.

Untuk pengujian efektivitas model *virtual laboratory* terhadap peningkatan disposisi berpikir kritis mahasiswa digunakan metode eksperimen dengan desain *pretest-posttest control group*, dengan desain penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.

Tes Awal	Perlakuan	Tes Akhir
O	X <sub>1</sub>	O
O	X <sub>2</sub>	O

**Gambar 1. Desain Penelitian**

O adalah tes awal dan tes akhir yang dilakukan untuk mengukur disposisi berpikir kritis mahasiswa sebelum dan sesudah perlakuan. X<sub>1</sub> adalah perlakuan untuk kelas eksperimen, yaitu pembelajaran fisika modern yang didukung *virtual laboratory*, sedangkan X<sub>2</sub> adalah pembelajaran konvensional untuk kelas kontrol.

Untuk memperoleh data penelitian, digunakan instrumen tes disposisi berpikir kritis yang terintegrasi dengan penguasaan konsep fisika modern. Soal berbentuk pilihan ganda sebanyak 30 item soal, yang disertai cara penyelesaian setiap item soal. Subjek penelitian ini adalah mahasiswa calon guru fisika yang mengikuti matakuliah fisika modern di sebuah LPTK di Mataram. Mahasiswa dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, masing-masing sebanyak 32 orang.

Untuk mengetahui peningkatan disposisi berpikir kritis mahasiswa dilakukan dengan menghitung besarnya skor gain yang dinormalisasi (N-gain). Hal ini dimaksudkan untuk menghindari kesalahan dalam menginterpretasikan perolehan gain masing-masing mahasiswa. Untuk memperoleh skor N-gain digunakan rumus (Cheng, 2004:1449).

$$N - gain = \frac{S_{post} - S_{pre}}{S_{max} - S_{pre}} \times 100\%$$

Keterangan: N-gain > 70% (tinggi); 30% ≤ N-gain ≤ 70% (sedang); dan N-gain < 30% (rendah).

Pengolahan data penelitian diawali dengan uji statistik berupa uji normalitas dan uji homogenitas. Selanjutnya, dilakukan uji perbedaan dua rerata untuk menguji tingkat signifikansi perbedaan rerata skor tes disposisi berpikir kritis kedua kelas (kelas eksperimen dan kelas kontrol).

## HASIL

### Deskripsi Model *Virtual Laboratory* Fisika Modern

Setelah melalui tahap validasi ahli, baik pada materi fisika modern maupun validasi pada model *virtual laboratory* yang dikembangkan, dilakukan uji coba terbatas dan uji coba pada skala yang lebih luas untuk menyempurnakan model *virtual laboratory*. Tabel 1 mendeskripsikan model *virtual laboratory* yang telah dikembangkan.

### Implementasi Model *Virtual Laboratory*

Berdasarkan analisis data pada perolehan skor disposisi berpikir kritis mahasiswa calon guru, dapat diketahui adanya peningkatan disposisi berpikir kritis pada kedua kelas (kelas eksperimen dan kelas kontrol). Hasil penilaian disposisi berupa skor yang kemudian dicari persentasenya. Perolehan skor tes disposisi berpikir kritis pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa skor rata-rata tes awal mahasiswa pada kedua kelas hampir sama. Hasil uji beda rerata pada skor tes awal menunjukkan nilai  $t_{hitung}$  sebesar 0,055 dan  $t_{tabel}$  pada taraf kepercayaan 0,05 sebesar 2,04. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa disposisi berpikir kritis mahasiswa sebelum proses pembelajaran pada kedua kelas tidak berbeda secara signifikan.

Selanjutnya, berdasarkan perolehan skor tes akhir pada kedua kelas, diketahui bahwa skor rata-rata tes akhir kelas eksperimen sebesar 69,06 dan kelas kontrol sebesar 58,96. Peningkatan pada kelas eksperimen dengan skor rata-rata sebesar 56,53%, sedangkan untuk kelas kontrol sebesar 41,24%. Kedua kelas mengalami peningkatan dengan kategori sedang. Selanjutnya, dilakukan uji beda rerata skor N-gain kedua kelas untuk mengetahui signifikansi perbedaan peningkatan disposisi berpikir kritis kedua kelas. Hasil uji-t menunjukkan nilai  $t_{hitung}$  sebesar 4,41 dan  $t_{tabel}$  pada taraf kepercayaan 0,05 sebesar 2,04. Persentase pencapaian skor rata-rata tes

awal, tes akhir, dan N-gain disposisi dan kelas kontrol ditampilkan pada berpikir kritis antara kelas eksperimen Gambar 3.

**Tabel 1. Deskripsi Model *Virtual Laboratory* Fisika Modern**

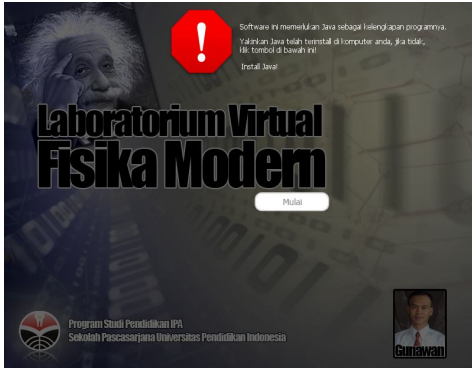
No.	Komponen Model	Penjelasan
1.	Menu Utama	- Terdiri dari empat menu utama yaitu materi, virtual labs, lembar kerja, dan evaluasi.
2.	Materi	- Materi teori kuantum radiasi yang meliputi teori foton, radiasi termal, efek fotolistrik, efek Compton, produksi dan pemisahan pasangan, gelombang deBroglie, difraksi elektron, dan prinsip ketidakpastian Heisenberg.
3.	Virtual Laboratory (VL)	- Terdiri dari empat jenis eksperimen virtual, yaitu VL radiasi benda hitam, VL efek fotolistrik, VL interferensi kuantum, dan VL difraksi elektron. - Terdapat empat LKM yang disesuaikan dengan jumlah <i>virtual laboratory</i> yang tersedia. LKM dibuat untuk membantu mahasiswa mengembangkan kemampuan berpikirnya. Keterampilan mahasiswa dalam mengukur, membuat perkiraan, membuat grafik, interpretasi data, dan menarik kesimpulan dapat dikembangkan melalui pengisian LKM.
4.	Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)	- Animasi dibuat untuk memperkuat pemahaman mahasiswa melalui visualisasi konsep-konsep abstrak, selain yang tersedia pada <i>virtual laboratory</i> . Ada empat animasi tambahan dalam model ini yaitu radiasi benda hitam, animasi produksi dan pemisahan pasangan, animasi efek Compton.
5.	Animasi	- Untuk tambahan penjelasan materi yang tersedia dalam model disertakan beberapa gambar dan video pendukung, diantaranya gambar: hubungan intensitas dan panjang gelombang, rancangan eksperimen efek fotolistrik, hamburan Compton, dan produksi pasangan, serta video interferensi kuantum.
6.	Gambar dan Video	- Terdiri dari 25 soal berbentuk pilihan ganda, untuk mengukur penguasaan konsep mahasiswa terhadap materi dan percobaan yang telah dilakukan.
7.	Evaluasi	

**Tabel 2. Deskripsi Skor Disposisi Berpikir Kritis Mahasiswa Kedua Kelas**

	Kelas Eksperimen			Kelas Kontrol		
	Tes awal	Tes Akhir	N-g	Tes awal	Tes Akhir	N-g
N ( $\Sigma$ mahasiswa)	32	32		32	32	
Rata-rata	30,31	69,06	56,53	30,42	58,96	41,24
Simpangan Baku	9,50	13,20	15,90	8,80	13,87	18,50

Berikut beberapa gambar tampilan model *virtual laboratory* yang telah dikembangkan, yaitu (1) Halaman Awal; (2) Tampilan Menu Utama; (3) Tampilan Materi; (4) Tampilan materi dan Gambar; (5) Video Interferensi Kuantum; dan (6) Simulasi Interaktif Efek Fotolistrik.

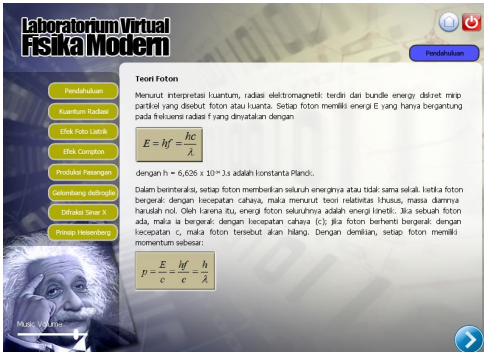
an Materi; (4) Tampilan materi dan Gambar; (5) Video Interferensi Kuantum; dan (6) Simulasi Interaktif Efek Fotolistrik.



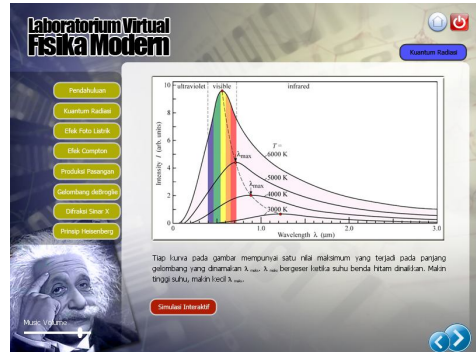
Halaman Awal



Tampilan Menu Utama



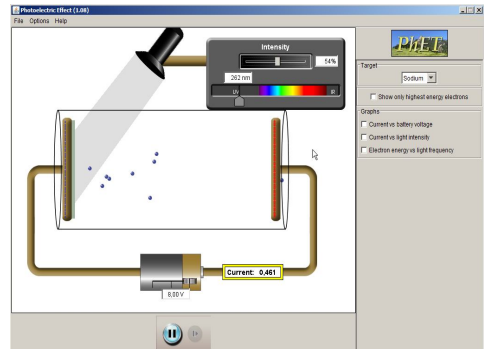
Tampilan Materi



Tampilan Materi dan Gambar



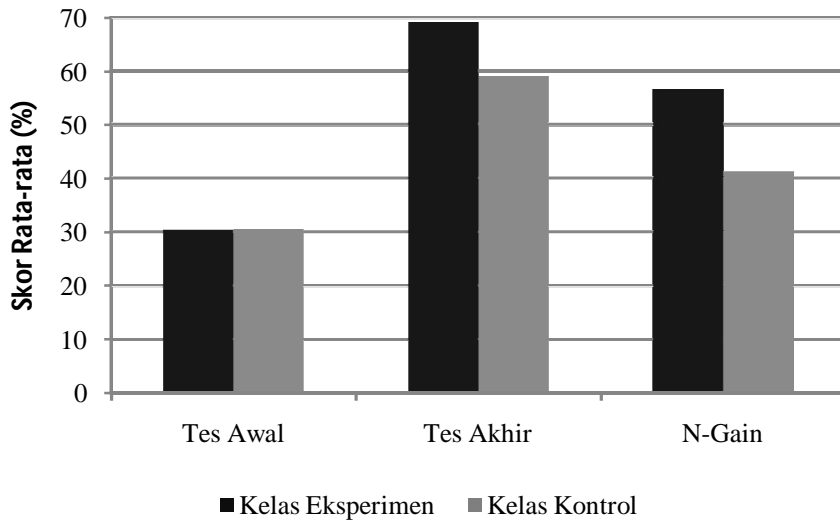
Video Interferensi Kuantum



Simulasi Interaktif Efek Fotolistrik

Gambar 2. Beberapa Contoh Tampilan





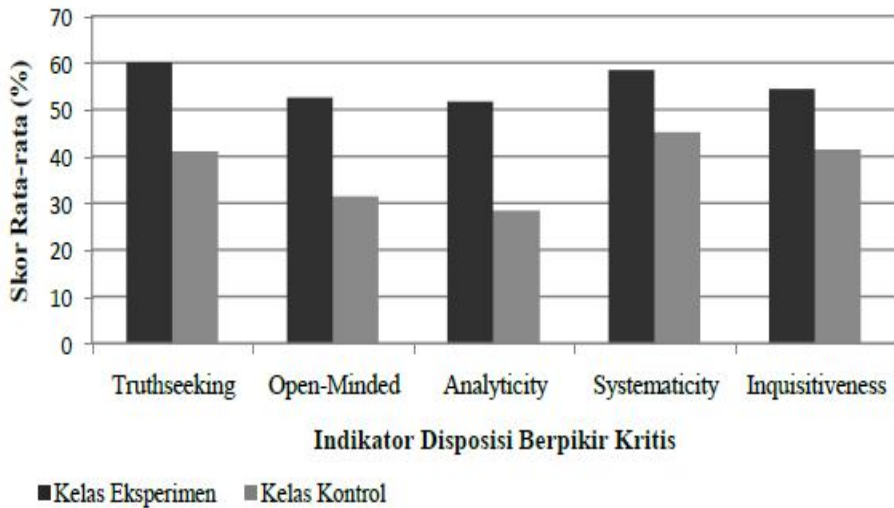
**Gambar 3.** Perbandingan Persentase Skor Rata-Rata DBK<sub>r</sub> Kedua Kelas

**Tabel 3.** Rekapitulasi Skor Disposisi Berpikir Kritis Pada Setiap Indikator

Indikator	Kelas Eksperimen					Kelas Kontrol					N-g (%)
	Tes Awal		Tes Akhir		N-g (%)	Tes Awal		Tes Akhir		N-g (%)	
	Σ	%	Σ	%		Σ	%	Σ	%		
<i>Truthseeking</i>	65	34	140	73	60.2	58	30	117	61	41.1	19.1
<i>Open-Minded</i>	54	28	126	66	52.6	54	28	104	54	31.5	21.1
<i>Analyticity</i>	47	29	107	67	51.7	56	35	94	59	28.4	23.3
<i>Systematicity</i>	60	31	138	72	58.5	58	30	119	62	45.2	13.3
<i>Inquisitiveness</i>	65	29	152	68	54.4	66	29	132	59	41.5	13.0

Setiap indikator DBK<sub>r</sub> dianalisis ketercapaiannya berdasarkan perolehan skor tes awal, tes akhir, dan N-gain. Perolehan N-gain tertinggi kelas eksperimen terjadi pada indikator *truth-seeking* sebesar 60.2% dan terendah terjadi pada indikator *analyticity* sebesar 51.7%, keduanya berada pada kategori sedang.

Pada kelas kontrol, perolehan N-gain tertinggi terjadi pada indikator *systematicity* sebesar 45.2%, terendah pada indikator *open-mindedness* sebesar 31.5%, dengan kategori sedang. Rekapitulasi skor disposisi berpikir kritis untuk setiap indikator ditampilkan pada Tabel 3.



**Gambar 4. Perbandingan Persentase N-Gain untuk Setiap Indikator DBKr**

Berdasarkan data pada Tabel 3, dapat diketahui bahwa perbedaan peningkatan N-gain tertinggi pada kedua kelas terjadi pada indikator *analyticity* sebesar 23.3% sedangkan perbedaan terendah pada indikator *inquisitiveness* sebesar 13.0%. Persentase disposisi berpikir kritis mahasiswa kedua kelas pada masing-masing indikator disposisi berpikir kritis yang ditampilkan pada Gambar 4.

Berdasarkan persentase peningkatan disposisi berpikir kritis dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan pada kedua kelas. Meskipun demikian, persentase peningkatan disposisi berpikir kritis mahasiswa kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan mahasiswa kelas kontrol. Artinya, pembelajaran fisika modern dengan *virtual laboratory* dapat meningkatkan disposisi berpikir kritis mahasiswa calon guru, lebih baik dari pembelajaran konvensional.

## PEMBAHASAN

Berpikir kritis merupakan proses dan kemampuan yang dilibatkan dalam membuat keputusan secara rasional apa yang harus dilakukan dan apa yang harus dipercaya. Kemampuan berpikir kritis yang baik dapat memberikan rekomendasi yang baik untuk melakukan suatu tindakan. Esensinya, berpikir kritis merupakan suatu sikap yang digunakan untuk memberikan penilaian terhadap sesuatu.

Facione (2009:10) menyatakan bahwa kemampuan berpikir kritis terdiri dari dua komponen, yaitu keterampilan kognitif dan disposisi berpikir kritis. Keterampilan kognitif merupakan aspek-aspek intelektual dalam berpikir kritis, sedangkan disposisi berpikir kritis merupakan kecenderungan untuk berpikir kritis. Kedua komponen itu saling mempengaruhi satu dengan lain. Disposisi berpikir adalah suatu kecenderungan pada suatu pola perilaku intelektual.

Facione (2009:10) mengelompokkan disposisi berpikir kritis menjadi tujuh indikator, yaitu: 1) *truth-seeking*, kebiasaan selalu menginginkan pemahaman terbaik tentang situasi tertentu, disertai alasan dan bukti yang terkait; (2) *open-mindedness*, kecenderungan untuk membiarkan orang lain menyuarakan pandangannya, orang yang berpikiran terbuka memiliki sikap toleransi dan penerimaan terhadap pendapat orang lain; (3) *analyticity*, kecenderungan untuk berhati-hati terhadap apa yang terjadi berikutnya. Hal ini berkaitan dengan antipasi konsekuensi baik atau buruknya situasi, pilihan, proposal dan rencana; (4) *systematicity*, kecenderungan atau kebiasaan kerja keras untuk menyelesaikan masalah dengan disiplin, tertib, dan sistematis; (5) *self-confidence*, kecenderungan untuk mempercayai penggunaan akal dan berpikir reflektif untuk memecahkan masalah; (6) *inquisitiveness*, keingintahuan intelektual, yaitu kecenderungan untuk ingin tahu segala sesuatu, bahkan pada hal yang secara jelas tidak berguna saat ini; (7) *maturity of judgement*, kematangan kognitif yang berkaitan dengan kecenderungan untuk melihat masalah yang rumit, membuat penilaian secara tepat waktu, dan tidak melakukan penundaan pada apa yang bisa dilakukannya.

Dalam penelitian ini, ada lima indikator disposisi berpikir kritis yang dikembangkan, yaitu *truth-seeking*, *open-mindedness*, *analyticity*, *systematicity*, dan *inquisitiveness*. Indikator ini dipilih dari tujuh indikator yang dikembangkan Facione (2009:10). Pemilihan didasarkan pada pertimbangan kesesuaian de-

ngan karakteristik materi dan model pembelajaran yang akan diterapkan.

Data penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan disposisi berpikir kritis pada kedua kelas dengan persentase yang berbeda. Untuk kelas eksperimen, peningkatan tertinggi terjadi pada indikator *truth-seeking* sebesar 60,2%, termasuk pada kategori sedang. Artinya, pembelajaran dengan *virtual laboratory* membantu mahasiswa calon guru dalam membuat pertimbangan-pertimbangan untuk mencari kebenaran dan menarik suatu kesimpulan dengan benar.

Pada pembelajaran fisika modern yang didukung eksperimen virtual, mahasiswa dibiasakan untuk menyertakan alasan dan bukti-bukti dari apa yang dikemukakan, baik secara lisan maupun tulisan. Misalnya, bukti mahasiswa melakukan eksperimen dapat dilihat dari adanya lembar kerja yang dikumpulkan. Peningkatan yang cukup besar pada indikator *truth-seeking* merupakan implikasi dari kemampuan penalaran logis yang juga ikut berkembang. Peningkatan kemampuan inferensi logika dan membangun konsep selanjutnya dapat digunakan mahasiswa untuk meningkatkan kemampuan dalam menarik suatu kesimpulan dan kebenaran dari suatu permasalahan.

Peningkatan terendah pada kedua kelas terjadi pada indikator yang sama, yaitu *analyticity* sebesar 51,7% (kelas eksperimen) dan 28,4% (kelas kontrol). Hal ini menunjukkan bahwa kecenderungan mahasiswa untuk berhati-hati atau waspada terhadap apa yang terjadi berikutnya masih perlu ditingkatkan. Meskipun demikian, dari data ter-

sebut dapat disimpulkan bahwa mahasiswa yang belajar menggunakan *virtual laboratory* memiliki tingkat kehati-hatian yang lebih tinggi dibandingkan mahasiswa kelas eksperimen.

Secara umum, disposisi berpikir kritis pada setiap indikator mengalami peningkatan, baik pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol. Analisis data menggunakan uji-t menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan pada disposisi berpikir kritis kedua kelas, yaitu disposisi berpikir kritis kelas eksperimen lebih baik dibandingkan kelas kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran dengan *virtual laboratory* cukup efektif untuk meningkatkan disposisi berpikir mahasiswa calon guru.

Dari data penelitian juga dapat diketahui terdapat dua indikator yang mengalami perbedaan peningkatan yang cukup besar, yaitu indikator *open-mindedness* (perbedaan sebesar 21,1%) dan *analyticity* (perbedaan sebesar 23,3%). Perbedaan peningkatan pada kedua indikator ini mudah dipahami karena ada kerangka berpikir awal yang memang sudah ada pada setiap mahasiswa. Dalam pembelajaran terdapat kecenderungan mahasiswa untuk mempertahankan kerangka berpikir tersebut sampai mereka mendapat penjelasan atau gambaran yang rasional yang akan menyebabkan penguatan kerangka berpikir itu jika sudah benar adanya, dan adanya perubahan paradigma ke arah yang lebih sesuai jika kerangka berpikir yang ada sebelumnya kurang tepat.

Dalam pembelajaran fisika modern, khususnya pada konsep teori kuantum radiasi, terdapat penekanan adanya sifat dualisme gelombang partikel, yaitu

cahaya pada suatu waktu dapat dianggap sebagai gelombang, sedangkan pada peristiwa yang lain, ia pun dapat bersifat sebagaimana halnya partikel. Hal ini tentu tidak mudah diterima atau dijelaskan kepada mahasiswa, kecuali didukung oleh fakta-fakta eksperimen yang bisa dilihat atau dilakukan sendiri oleh mahasiswa.

Planck mengemukakan bahwa gelombang itu tidak kontinyu (bertentangan dengan fisika klasik yang menganggap gelombang itu kontinyu). Menurut fisika klasik, mustahil bahwa gelombang itu kontinyu, dan partikel tersusun atas materi, bukan gelombang, sebab gelombang hanyalah osilasi pada frekuensi tertentu yang melintasi sebuah medium atau substansi (Strathern, 2002:32). Konsep dalam teori kuantum ini memang tidak mudah dipahami oleh mahasiswa karena memunculkan pergeseran dari fisika klasik yang sudah umum dipahami mahasiswa ketika belajar fisika di sekolah menengah ataupun matakuliah dasar dalam fisika, seperti fisika dasar dan mekanika. Teori kuantum menyatakan bahwa partikel pada tingkat sub-atomik tidak tunduk pada hukum fisika klasik. Entitas seperti elektron dapat berwujud sebagai dua benda berbeda secara simultan (materi atau energi), tergantung pada cara pengukurannya sehingga wajar ketika Niels Bohr menyatakan bahwa kesulitan utama dari teori kuantum adalah "teori ini sulit dipercaya" (Strathern, 2002:viii).

Karakteristik teori kuantum seperti di atas menyebabkan mahasiswa kelas eksperimen yang belajar didukung oleh eksperimen virtual yang sesuai memi-

liki sifat terbuka dan penerimaan (*open-mindedness*) yang lebih besar dibandingkan mahasiswa kelas kontrol yang hanya mendengar informasi tanpa bisa membuktikan kebenaran teori tersebut melalui eksperimen. Selain itu, dari hasil penelitian dapat diketahui terdapat indikator dengan perbedaan peningkatan terendah, yaitu pada indikator *inquisitiveness*. Perbedaan peningkatan yang rendah pada kedua kelas pada indikator keingintahuan (*inquisitiveness*) disebabkan karena mahasiswa pada kedua kelas sama-sama memiliki rasa ingin tahu yang tinggi tentang kebenaran dan hal-hal yang mendasari teori ini. Hal ini bisa dilihat dari skor N-gain pada kedua kelompok, yaitu 54.4% (kelas eksperimen) dan 41.5% (kelas kontrol).

Hasil ini sejalan dengan penelitian Abdurrahman dan Liliyasi (2010:213) yang menemukan 3 indikator yang mengalami peningkatan signifikan ketika mahasiswa calon guru belajar menggunakan model *multiple* representasi yang didukung beberapa simulasi interaktif. Ketiga indikator tersebut adalah *open-mindedness*, *analyticity*, dan *systematicity*. Indikator *truth-seeking* dan *inquisitiveness* tidak berbeda secara signifikan pada kedua kelas.

Beberapa percobaan interaktif yang terdapat dalam model pembelajaran memberikan kesempatan yang cukup besar kepada mahasiswa untuk belajar membuat perkiraan dan mencoba sendiri membuktikan kebenaran perkiraannya. Terbuktinya perkiraan yang dibuat mahasiswa dapat memotivasi mahasiswa untuk belajar lebih lanjut. Jika perkiraan yang dibuat belum tepat, mahasiswa dapat segera memprediksi

kemungkinan yang menjadi penyebab, kemudian memperbaiki sehingga kesimpulan akhir yang dibuat lebih tepat.

Penjelasan di atas menunjukkan adanya korelasi positif antara karakter konsep fisika modern dengan disposisi berpikir kritis mahasiswa yang ikut berkembang. Secara umum, nilai korelasi antara penguasaan konsep dan disposisi berpikir kritis mahasiswa memiliki nilai tertinggi pada label konsep radiasi termal sebesar 0,49. Penguasaan konsep mahasiswa pada konsep ini dipengaruhi oleh adanya peningkatan kemampuan mahasiswa dalam menganalisis sesuatu yang ditunjukkan oleh adanya korelasi yang kuat dengan indikator *analyticity* yaitu sebesar 0,73. Peningkatan yang tergolong tinggi pada konsep radiasi termal, yaitu sebesar 75,5% juga disebabkan adanya sifat terbuka (*open-mindedness*) mahasiswa untuk menerima informasi dan ide baru yang ditemukan melalui eksperimen virtual benda hitam, yaitu ada pergeseran dari teori fisika klasik ke teori kuantum yang disampaikan oleh Planck mengenai cahaya.

Selain itu, ada hubungan antara rasa ingin tahu (*inquisitiveness*) mahasiswa yang besar pada materi ini dengan perolehan hasil belajar. Hal ini menyebabkan ada perbedaan peningkatan terbesar antara kedua kelas pada konsep ini. Informasi di atas sesuai dengan hasil korelasi antara konsep radiasi termal dengan indikator *open-mindedness* dan *inquisitiveness* yang memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 0,57.

Indikator *truth-seeking* yang merupakan indikator disposisi berpikir kritis dengan peningkatan tertinggi, yaitu 60,2% hanya memberikan pengaruh yang

cukup signifikan pada penguasaan konsep prinsip ketidakpastian Heisenberg ( $r = 0,54$ ), difraksi elektron ( $r = 0,48$ ), gelombang deBroglie dan produksi pasangan dengan nilai koefisien korelasi yang sama (yaitu  $r = 0,46$ ). Untuk konsep lainnya, nilai koefisien korelasinya sangat rendah. Kedua konsep yang berhubungan erat dengan indikator *truth-seeking*, yaitu prinsip ketidakpastian Heisenberg dan difraksi elektron sebenarnya memiliki karakteristik yang hampir sama. Di antaranya konsep prinsip ketidakpastian Heisenberg dapat dipelajari melalui eksperimen difraksi elektron.

## PENUTUP

Berdasarkan analisis data hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa disposisi berpikir kritis mahasiswa yang belajar fisika modern dengan *virtual laboratory* lebih tinggi dibandingkan dengan mahasiswa yang belajar secara konvensional. Disposisi berpikir kritis pada kedua kelas berbeda secara signifikan. Dengan model pembelajaran ini, indikator disposisi *truth-seeking* dan *open-mindedness* dapat lebih ditingkatkan. Peningkatan tertinggi pada indikator *truth-seeking* sebesar 60.2%, sedangkan terendah pada indikator *analyticity* sebesar 51.7%. Korelasi terbesar antara penguasaan konsep dan disposisi berpikir kritis terjadi pada label konsep radiasi termal sebesar 0,49. Peningkatan penguasaan konsep terbesar pada konsep teori foton lebih dipengaruhi oleh sifat terbuka (*open-mindedness*) mahasiswa dengan koefisien korelasi 0,70 (kategori kuat). Nilai koefisien korelasi tertinggi terjadi antara

konsep radiasi termal dengan indikator *analyticity*, yaitu sebesar 0,73 dengan kategori kuat. Secara umum, indikator *open-mindedness* memberikan pengaruh yang lebih besar dalam mendukung peningkatan penguasaan konsep mahasiswa pada materi teori kuantum radiasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Yth. Bapak Dr. Agus Setiawan, M.Si (SPs Universitas Pendidikan Indonesia), Bapak Dr. Aloysius Rusli (Fisika ITB) dan Bapak Dr. Dwi Hendratmo Widyantoro, M.Sc (Teknik Informatika ITB) yang telah banyak memberikan masukan dan tinjauan kritis pada proses pengembangan model *virtual laboratory* fisika modern dan penyempurnaan tulisan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman & Liliyasi. 2010. "Multiple Representations Skills and Its Influenced toward Students' Critical Thinking Disposition using a Virtual Laboratory Activity". *Proceedings The 4th International Seminar on Science Education*, Bandung: Pendidikan IPA SPs UPI.
- Aldrich, C. 2009. *Learning Online with Games, Simulations, and Virtual Worlds*. San Fransisco: John Wiley & Sons.
- Budhu, M. 2002. *Virtual Laboratories for Engineering Education*. Paper Presented at International Confe-

- rence on Engineering Education. Manchester, U.K. August 18-21.
- Cheng, K., *et al.* 2004. "Using Online Homeworks Systems Enhances Student Learning of Physics Concept in an Introductory Physics Course". *American Journal of Physics*. 72 (11), hlmn 1447-1453.
- Facione, P.A. 2009. *Critical Thinking: What It Is and Why It Counts*. The California Academy Press.
- Finkelstein, *et.al.* 2005. "When Learning About the Real World Is Better Done Virtually: A Study of Substituting Computer Simulations for Laboratory Equipment". *Physics Education Research*. APS (1) 1– 8.
- Garrison, D.R & Vaughan, N.D., 2008. *Blended Learning in Higher Education*. San Fransisco: John Willey & Sons, Inc.
- Gunawan & Setiawan, A. 2010. "Using Virtual Laboratory to Increase Students' Understanding on Modern Physics", dalam *Proceeding The 4<sup>th</sup> International Seminar on Science Education*, Bandung: Pendidikan IPA SPs UPI.
- McKagan, *et al.* 2008. "Developing and Researching PhET simulations for Teaching Quantum Mechanics". *American Journal of Physics* (76) 406– 417.
- Sinaradi, F. 1998. "Menguji Kualitas Barang: Suatu Alternatif Model Pengajaran Sains". *Pendidikan Sains yang Humanistik*. Yogyakarta: Kanisius.
- Smith, Ian D. 2002. *Enhancing thinking and Communication Skills through Project Work*. Singapore: Prentice Hall.
- Strathern, P. 2002. *Bohr dan Teori Kuantum*. Terjemahan: Haryono A, Jakarta: Erlangga.
- Sugiyono. 2008. *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Wiyanto. 2008. *Menyiapkan Guru Sains Mengembangkan Kompetensi Laboratorium*. Semarang: Universitas Negeri Semarang Press.