



Pengembangan Model Laboratorium Virtual Berorientasi Pada Kemampuan Pemecahan Masalah Bagi Calon Guru Fisika

Gunawan¹, Ahmad Harjono², Hairunnisyah Sahidu³

^{1,2,3} FKIP Universitas Mataram
Jln. Majapahit No. 62 Mataram, NTB - Indonesia
E-mail : gunawan@unram.ac.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan sebuah model laboratorium virtual yang berorientasi pada kemampuan pemecahan masalah bagi calon guru fisika. Penelitian ini direncanakan dilaksanakan selama tiga tahun. Pada tahun pertama ini, penelitian difokuskan pada studi pendahuluan, pengembangan dan validasi model laboratorium virtual hingga ujicoba terbatas yang melibatkan mahasiswa calon guru fisika. Hasil studi pendahuluan menunjukkan bahwa pengembangan model ini diperlukan untuk mendukung pembelajaran fisika, khususnya yang terkait dengan kegiatan eksperimen di laboratorium. Laboratorium virtual tidak dikembangkan untuk menggantikan eksperimen riil di laboratorium, melainkan untuk mendukung atau melengkapinya. Laboratorium virtual yang dikembangkan selanjutnya dikelompokkan dalam beberapa tema fisika seperti mekanika, gelombang, optika, termodinamika, listrik dan magnet. Selanjutnya, model yang dikembangkan divalidasi untuk mendapatkan masukan dari pakar terkait teknologi yang digunakan, desain maupun konten fisika dalam model yang dikembangkan. Hasil validasi menunjukkan bahwa model ini layak untuk digunakan dalam pembelajaran fisika dan dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah. Dalam ujicoba terbatas yang telah dilaksanakan, terdapat beberapa fitur, pilihan gambar, dan beberapa simulasi yang perlu disempurnakan untuk menghindari kesalahan interpretasi calon guru terhadap konsep fisika yang direncanakan. Mahasiswa calon guru yang terlibat dalam ujicoba lebih termotivasi untuk terus belajar dan melakukan pembuktian-pembuktian terkait konsep yang sudah dipelajari. Model ini selanjutnya akan diujicoba pada skala lebih luas untuk mengukur pengaruhnya terhadap penguasaan konsep dan kemampuan pemecahan masalah bagi calon guru fisika.

Kata kunci : laboratorium virtual, pemecahan masalah fisika

1. Pendahuluan

Fisika merupakan ilmu yang mempelajari materi dan energi. Belajar fisika akan lebih mudah bila diajarkan dengan metode yang tepat dan relevan. Salah satunya dengan melibatkan peserta didik secara aktif melalui kegiatan laboratorium. Laboratorium dalam pembelajaran fisika memiliki peranan penting, salah satunya sebagai wahana mengembangkan kreativitas dan keterampilan berpikir melalui proses pemecahan masalah dalam rangka mahasiswa menemukan konsep secara mandiri. Dalam kegiatan laboratorium akan banyak keterampilan pada diri mahasiswa yang akan ikut berkembang seperti mengamati, menafsirkan pengamatan, meramalkan, menggunakan alat dan bahan, menerapkan konsep, merencanakan penelitian, berkomunikasi, dan mengajukan pertanyaan.

Kegiatan laboratorium dalam fisika sangat penting dalam rangka mendukung pembelajaran dan

memberikan penekanan pada aspek proses. Sinaradi (1998) 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.

Salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan kegiatan laboratorium adalah ketersediaan sumber daya yang mencakup bahan dan peralatan, ruang dan perabot, tenaga laboran, serta teknis. Ketersediaan sumber daya tersebut secara memadai jelas akan menunjang pelaksanaan kegiatan laboratorium, sebaliknya keterbatasan alat dan bahan sering menjadi alasan bagi pendidik untuk tidak melakukan kegiatan laboratorium.

Selain itu, karakteristik konsep fisika yang sebagiannya merupakan konsep yang abstrak menimbulkan kesulitan tersendiri, baik dalam proses

belajar maupun kegiatan laboratoriumnya. Konsep abstrak dalam fisika merupakan konsep yang sulit divisualisasikan atau ditampilkan prosesnya secara langsung melalui kegiatan laboratorium riil sekalipun. Hal ini kemudian berimplikasi pada rendahnya tingkat penguasaan konsep, kemampuan pemecahan masalah dan perolehan hasil belajar mahasiswa. Hal ini kemudian melatarbelakangi munculnya inovasi-inovasi baru dalam pembelajaran fisika. Salah satunya melalui pemanfaatan teknologi komputer, baik dalam proses pembelajaran maupun kegiatan laboratorium melalui laboratorium 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). Finkelstein (2005), mengatakan bahwa komputer dapat digunakan untuk menunjang pelaksanaan praktikum fisika baik untuk mengumpulkan data, menyajikan, dan mengolah data. Komputer juga dapat digunakan untuk memodifikasi eksperimen dan menampilkan eksperimen lengkap dalam bentuk virtual. Konsep-konsep fisika tersebut direalisasikan dalam program komputer dengan menggunakan piranti lunak yang mudah dipelajari. Gunawan dan Liliarsari (2012) mengemukakan sejumlah bentuk interaksi dapat dimunculkan melalui media komputer seperti penyajian praktik dan latihan, tutorial, game, simulasi, penemuan, dan pemecahan masalah.

Sebuah simulasi komputer yang memungkinkan fungsi-fungsi penting dari percobaan laboratorium untuk dilaksanakan pada komputer disebut laboratorium virtual (*virtual laboratory*). Salah satu prinsip mendefinisikan laboratorium virtual adalah bahwa laboratorium virtual tidak didefinisikan sebagai *learning unit* melainkan *learning space*, untuk percobaan virtual. Hal ini penting untuk mengingatkan bahwa dosen masih harus menjelaskan tujuan pembelajaran kepada peserta didiknya. Tujuannya adalah untuk memungkinkan mahasiswa mengembangkan keterampilan dalam pemecahan masalah pembelajaran dan mengendalikan sendiri sesuai keperluan profesional mereka di masa depan. Laboratorium virtual harus memberikan kebebasan yang cukup untuk eksperimen individu atau eksperimen di luar batasan yang ditetapkan oleh kurikulum (Gunawan, 2015).

Konsep laboratorium virtual dapat dibedakan menjadi dua konsep utama, yaitu: 1) konstelasi percobaan diganti dengan model komputer. Penelitian itu dilakukan dalam bentuk simulasi. Simulasi yang mewakili percobaan laboratorium riil

dalam bentuk semirip mungkin disebut virtual labs. 2) eksperimen laboratorium dapat disebut virtual ketika percobaan dikendalikan tidak dengan manipulasi langsung dari peralatan laboratorium, tetapi melalui komputer, yang dihubungkan ke peralatan laboratorium yang sebenarnya melalui jaringan. Jenis *virtual laboratory* seperti ini disebut disebut remote lab (Harms, 2000).

Pengembangan model laboratorium virtual ini diharapkan dapat melatih mahasiswa menyelesaikan permasalahan fisika, sehingga kemampuan pemecahan masalah pada mahasiswa calon guru menjadi lebih baik. Gerace, J. W. *et al* (2005), mengatakan bahwa kemampuan pemecahan masalah pada seseorang, tidak hanya tergantung pada tingkat kematangannya tetapi juga ditentukan dari permasalahan yang mereka sendiri mengalaminya. Ia menyimpulkan bahwa kemampuan untuk memecahkan suatu masalah, tidak hanya ditentukan oleh pola pikir melainkan dipengaruhi oleh kerja atau pelatihan.

Dengan demikian pembelajaran yang bernuansa pemecahan masalah harus dirancang sedemikian rupa sehingga mampu merangsang mahasiswa untuk berpikir dan mendorong menggunakan pikirannya secara sadar untuk memecahkan masalah. Belajar pemecahan masalah pada hakekatnya adalah belajar berpikir (*learning to think*) atau belajar bernalar (*learning to reason*), yaitu berpikir atau bernalar mengaplikasikan pengetahuan-pengetahuan yang telah diperoleh sebelumnya untuk memecahkan masalah-masalah baru yang belum pernah dijumpai.

Heller, *et. al.* (Huffman, 1997) mengatakan bahwa untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah (*problem solving*) dapat dilakukan dengan memberikan strategi bagaimana memecahkan masalah tersebut. Dalam penelitian ini strategi pemecahan masalah yang digunakan adalah strategi pemecahan masalah yang dikembangkan oleh Heller, *et.al.* Strategi itu mengacu pada lima tahapan pemecahan masalah meliputi: memfokuskan masalah (*focus the problem*); menguraikan secara konsep fisika (*describe the physics*); merencanakan solusi (*plan the solution*); melaksanakan rencana pemecahan masalah (*execute the plan*); memberikan evaluasi pada solusi (*evaluate the solution*).

2. Pembahasan

Penelitian ini termasuk jenis penelitian dan pengembangan (*research and development*). Jenis penelitian R&D adalah suatu proses yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk-produk pendidikan (Gall *et al.*, 2003). Secara umum penelitian dilakukan dalam 3 tahapan, yaitu: tahap

studi pendahuluan, tahap pengembangan desain, dan tahap pengujian model. Dalam artikel ini hanya dijelaskan hasil penelitian pada dua tahapan awal, sedangkan tahapan akhir baru akan dilaksanakan pada tahun kedua dari penelitian ini.

2.1. Tahap Studi Pendahuluan

Tahap ini dilakukan dengan menerapkan pendekatan deskriptif kualitatif. Pada tahap ini dikumpulkan sejumlah informasi terkait fasilitas laboratorium fisika dan laboratorium komputer pada beberapa LPTK di Nusa Tenggara Barat. Informasi tersebut diantaranya terkait ketersediaan, kualitas dan kuantitas sarana prasarana pendukung hingga frekuensi percobaan yang rutin maupun pernah dilaksanakan.

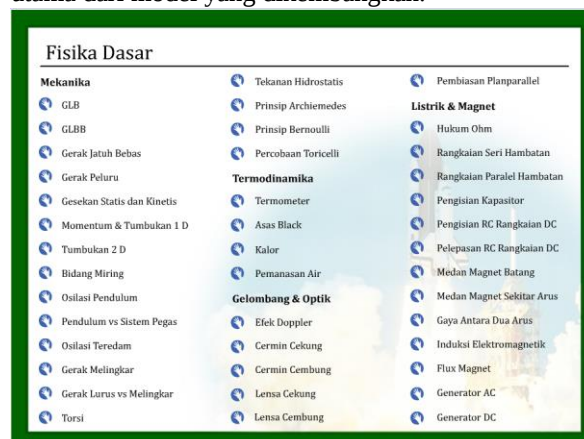
Hasil observasi menunjukkan bahwa peralatan laboratorium fisika pada beberapa LPTK di NTB dalam kondisi yang tidak memadai, dengan peralatan pendukung eksperimen yang sangat terbatas. Umumnya peralatan yang tersedia hanya terdiri dari beberapa Kit percobaan seperti mekanika, optika, listrik dan magnet. Wawancara juga dilakukan dengan dosen, guru, dan calon guru untuk mengetahui beberapa permasalahan yang berkaitan dengan ketersediaan peralatan laboratorium fisika dan mengetahui tanggapannya tentang rencana penelitian yang akan dilakukan. Selain wawancara, juga diberikan angket tanggapan tentang beberapa permasalahan pembelajaran fisika.

Berdasarkan data angket tersebut dapat diketahui bahwa sebagian besar responden menyatakan masih banyak kegiatan eksperimen yang harusnya dilakukan tetapi 'batal', karena tidak tersedianya peralatan yang memadai. Kondisi ini kemudian berimplikasi pada kurang optimalnya pembelajaran yang dilaksanakan. Mahasiswa umumnya akan lebih mampu menyelesaikan soal-soal hitungan dibandingkan soal yang menguji penguasaan konsep teoritis, apalagi yang terkait dengan permasalahan proses fisis yang harusnya bisa diamati atau dieksperimenkan di laboratorium.

Pada tahap ini juga dilakukan analisis media yang dapat dikembangkan, hingga analisis konsep fisika yang relevan serta kemampuan pemecahan masalah yang dapat dikembangkan. Selain itu, beberapa literatur dan hasil-hasil penelitian terkini dianalisis untuk mendapatkan gambaran peluang pengembangan. Sejumlah temuan dan hasil analisis tersebut selanjutnya dijadikan bahan pertimbangan dalam mengembangkan draft model laboratorium virtual fisika.

2.2. Tahap Pengembangan Desain

Pada tahap ini dikembangkan draft model laboratorium virtual fisika serta semua perangkat pendukung lainnya seperti satuan acara perkuliahan, lembar kerja mahasiswa, lembar observasi, angket tanggapan dosen dan mahasiswa, hingga buku pedoman penggunaan software laboratorium virtual fisika. Gambar 1 menampilkan tampilan menu utama dari model yang dikembangkan.



Gambar 1. Tampilan Menu Utama Laboratorium Virtual Fisika

Draft model laboratorium virtual yang dihasilkan selanjutnya divalidasi oleh ahli sebelum digunakan dalam ujicoba awal dan ujicoba terbatas. Proses validasi dilakukan untuk mendapatkan masukan dan rekomendasi dari pakar untuk perbaikan rancangan model. Validasi dilakukan pada 2 hal, yaitu validasi pada materi fisika dalam program dan validasi pada rancangan model laboratorium virtual yang dikembangkan. Rekapitulasi hasil validasi materi fisika dalam model ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Validasi Materi Fisika dalam SLV

No	Aspek yang dinilai	Rata ²	Kriteria*
1	Cakupan, urutan, kejelasan dan kedalaman materi.	4.43	Baik
2	Ketersediaan lembar kerja, evaluasi dan umpan balik yang sesuai.	4.56	Baik sekali
3	Pertimbangan pada potensi dan kemampuan peserta didik	4.23	Baik
4	Relevansi simulasi, gambar, ilustrasi, dengan materi.	4.30	Baik
5	Pertimbangan pada desain dan lamanya pembelajaran.	3.67	Baik
Skor berada pada interval 1 – 5			
* Kriteria :			
1.00 – 1.5 (jelek)		3.6 – 4.5 (baik)	
1.6 – 2.5 (kurang)		4.6 – 5.0 (baik sekali)	
2.6 – 3.5 (cukup);			

Berdasarkan tabel 1 tersebut, dapat diketahui bahwa secara konseptual materi yang dipilih dan terdapat dalam model laboratorium virtual sudah sesuai, baik dari segi relevansi, kedalaman materi, hingga ketersediaan visualisasi dan evaluasinya. Ada beberapa catatan penting terkait desain dan waktu pembelajaran yang perlu dipertimbangkan. Hal ini terkait dengan bagaimana cara dan waktu terbaik membantu mahasiswa memvisualisasikan masalah dan pemecahannya.

Selain validasi pada aspek materi fisika dalam program, juga dilakukan validasi pada model laboratorium virtual berdasarkan tinjauan pakar media dan teknologi pendidikan. Ini diperlukan untuk mengetahui apakah model yang dikembangkan sudah memenuhi unsur-unsur kejelasan dan kemudahan akses oleh pengguna, penggunaan bahasa hingga pemilihan fitur dan penempatannya sehingga lebih mudah dipahami dan digunakan oleh mahasiswa. Rekapitulasi hasil validasi model ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Validasi Model Laboratorium Virtual

No	Aspek yang dinilai	Rata ²	Kriteria*
1	Ukuran dan warna untuk huruf, latar, icon dan simbol yang sesuai.	4.43	Baik
2	Ketersediaan gambar, animasi, video, simulasi, serta menu program yang sesuai.	4.35	Baik
3	Kecepatan dan kemudahan akses pada program.	4.20	Baik
4	Tampilan dan menu program yang dapat memotivasi dan menarik minat peserta untuk belajar.	4.30	Baik
5	Penggunaan simbol dan bahasa yang sederhana, komunikatif dan mudah dimengerti.	4.50	Baik
6	Pertimbangan terhadap keterbatasan ruang dan waktu.	3.70	Baik
Skor berada pada interval 1 – 5 * Kriteria : 1.00 – 1.5 (jelek) 3.6 – 4.5 (baik) 1.6 – 2.5 (kurang) 4.6 – 5.0 (baik sekali) 2.6 – 3.5 (cukup);			

Beberapa catatan penting dari pakar media, antara lain berkaitan dengan penggunaan fitur yang lebih umum, pemilihan warna, serta penyertaan gambar dan video yang lebih menarik. Selain itu, peneliti diharapkan mempertimbangkan keterbatasan waktu pembelajaran di kelas, hingga kemungkinan untuk membuat materi ini dapat diakses secara online.

Rancangan model laboratorium virtual yang telah divalidasi dan diperbaiki sesuai saran dan masukan ahli selanjutnya diujicoba awal pada 12

orang mahasiswa. Ujicoba awal ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat keterbacaan dan kemudahan akses terhadap materi maupun eksperimen virtualnya. Hal ini penting dalam rangka perbaikan model yang didasarkan pada persepsi mahasiswa sebagai pengguna. Pada tahap ini diperoleh beberapa informasi yang selanjutnya digunakan untuk perbaikan model. Setelah melakukan perbaikan pada model, selanjutnya dilakukan ujicoba terbatas dengan melibatkan mahasiswa dengan jumlah yang lebih besar (32 orang). Ujicoba terbatas ini dimaksudkan untuk mendapatkan sejumlah informasi tambahan yang berkaitan dengan penggunaan model dalam pembelajaran fisika. Komponen perbaikan pada model sesuai rekomendasi hasil ujicoba awal dan ujicoba terbatas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komponen Perbaikan Pada Model Setelah Ujicoba

No	Komponen Perbaikan pada Model
1	Ukuran dan jenis huruf. Ukuran font dibuat lebih besar, warna font disesuaikan. Beberapa tulisan <i>italic</i> dibuat normal.
2	Posisi simulasi. Simulasi virtual yang dikembangkan selain dikelompokkan sesuai tema, juga mempertimbangkan urutan materi dan kemudahan dipelajari.
3	Materi pada setiap frame. Materi yang disiapkan direkomendasikan tidak bersama simulasi, tetapi pada halaman tersendiri atau ditiadakan karena dapat mengganggu fokus peserta saat bekerja.
4	Pilihan gambar pendukung, dimana beberapa gambar perlu diganti karena sebagian peserta menginterpretasikan berbeda, tidak seperti yang diharapkan.
5	Lembar kerja mahasiswa. Lembar kerja lebih efektif dikerjakan secara manual melalui lembaran tersendiri, dibandingkan diisi langsung dalam program, karena memerlukan waktu lebih lama.
6	Waktu Pembelajaran, perlu pertimbangan untuk memadukan sesi kelas, sesi eksperimen, serta tugas mandiri mahasiswa agar waktu yang tersedia dapat dioptimalkan pemanfaatannya.
7	Kesulitan eksplorasi fitur-virtual labs. kesulitan mahasiswa dalam eksplorasi fitur eksperimen virtual dan pengisian lembar kerja menyebabkan waktu pembelajaran lebih lama. Direkomendasikan ada kegiatan pelatihan awal untuk memperkenalkan fitur-fitur secara teknis operasional sehingga membantu peserta saat bekerja.

Hasil ujicoba awal maupun ujicoba terbatas seperti tersebut di atas selanjutnya digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk menyempurnakan model laboratorium virtual dan mempersiapkan desain pembelajaran yang tepat. Model yang telah disempurnakan selanjutnya diujicobakan pada skala yang lebih luas pada tahap pengujian model. Tahap pengujian model

direncanakan dilaksanakan pada tahun kedua dari penelitian ini.

Dalam kegiatan ujicoba tersebut, terdapat beberapa kendala yang dihadapi, antara lain sangat beragamnya kemampuan mahasiswa menggunakan komputer, sehingga diperlukan kegiatan pendahuluan untuk memperkenalkan semua komponen secara khusus, termasuk fitur-fitur penting dalam eksperimen virtual. Buku pedoman yang dikembangkan belum secara optimal membantu semua kelompok mahasiswa. Hal ini kemudian berimplikasinya pada kesulitan beberapa mahasiswa untuk bekerja sebagaimana mestinya seperti yang diharapkan.

Kondisi tersebut dapat dipahami karena secara umum laboratorium virtual dimaksudkan untuk mentransfer pengetahuan baik konseptual maupun prosedural, sehingga mahasiswa perlu diberikan pengetahuan awal tentang bagaimana percobaan seharusnya dilakukan baik pada persiapan, kinerja dan evaluasi percobaan laboratorium (Gunawan, 2015).

3. Kesimpulan dan Saran

Dalam penelitian ini, telah berhasil dikembangkan model laboratorium virtual fisika yang dikelompokkan pada berbagai tema yaitu, mekanika, termodinamika, listrik dan magnet, serta gelombang dan optik. Model yang dikembangkan telah divalidasi oleh Ahli, baik pada aspek materi maupun media dan teknologi yang digunakan dalam pengembangan laboratorium virtual ini. Hasil validasi menunjukkan bahwa model ini sudah layak digunakan untuk mendukung pembelajaran dan eksperimen fisika. Dalam ujicoba terbatas yang telah dilaksanakan, terdapat beberapa fitur, pilihan gambar, dan beberapa simulasi yang perlu disempurnakan untuk menghindari kesalahan interpretasi calon guru terhadap konsep fisika yang direncanakan. Mahasiswa calon guru yang terlibat dalam ujicoba lebih termotivasi untuk terus belajar dan melakukan pembuktian-pembuktian terkait konsep yang sudah dipelajari. Model ini selanjutnya akan diujicoba pada skala lebih luas untuk mengukur pengaruhnya terhadap penguasaan konsep dan kemampuan pemecahan masalah bagi calon guru fisika.

Beberapa rekomendasi untuk penelitian lanjutan antara lain perlunya dibuat panduan yang lebih operasional disertai penjelasan pendahuluan yang memadai tentang setiap komponen dan fitur-fitur penting dalam eksperimen virtual. Model yang sudah dikembangkan selain dapat diuji keunggulannya secara empiris terhadap penguasaan konsep dan kemampuan pemecahan masalah, juga

dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi pada mahasiswa calon guru.

Ucapan terima kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada DP2M Dikti yang telah mendanai penelitian ini melalui Skim Hibah Penelitian Strategis Nasional Tahun 2015.

Daftar Pustaka

- Borg, W. R and Gall, M. D. (2003). *Educational Research: An Introduction*. New York: Longman, Inc.
- Cheng, K., dkk. (2004). "Using Online Homeworks Systems Enhances Student. Learning of Physics Concept in an Introductory Physics Course". *American Journal of Physics*. 72 (11) 1447-1453.
- Finkelstein, *et al.* (2005). "When Learning About the Real World Is Better Done Virtually: A Study of Subtituting Computer Simulations for Laboratory Equipment". *Physics Education Research. APS* (1) 1 – 8.
- Finkelstein.N.D, *et al.* (2005). "Can Computer Simulations Replace Real Equipment in Undergraduate Laboratories?". *The Physics Teacher*. 76. Pp.1-8.
- Garrison, D.R & Vaughan, N.D., (2008). *Blended Learning in Higher Education*. San Fransisco: John Willey & Sons, Inc.
- Gerace, W.J, et al. (2005). *Teaching vs. Learning: Changing Perspectives on Problem Solving in Physics Instruction*. [Online]. Tersedia: <http://arxiv.org/ftp/physics/papers/0508/0508131.pdf> . [20 Desember 2006].
- Gunawan. (2015). *Model Pembelajaran Sains berbasis ICT*. Mataram: Unram Press.
- Gunawan & Liliyasi, (2012). "Model Virtual Laboratory Fisika Modern untuk Meningkatkan Disposisi Berpikir Kritis Calon Guru". *Jurnal Ilmiah Cakrawala Pendidikan, LPPMP UNY*. Juni 2012, Th. XXXI, No. 2.185– 199.
- Harms, U. *Virtual and Remote Labs in Physics Education*. Paper presented at Second European Conference on Physics Teaching in Engineering Education, Budapest, Jun. 2000.
- Huffman, D. (1997). Effect of explicit problem solving instruction on high school students' problem-solving performance and conceptual understanding of physics. *Journal of Research In Science Teaching* Vol. 34, No. 6, Pp. 551– 570 (1997).

- Sinaradi, F. (1998). "Menguji Kualitas Barang: Suatu Alternatif Model Pengajaran Sains", dalam *Pendidikan Sains yang Humanistik*. Yogyakarta: Kanisius.
- Wiyanto. (2008). *Menyiapkan Guru Sains Mengembangkan Kompetensi Laboratorium*. Semarang: Universitas Negeri Semarang Press.
- Zacharia, Z. (2003). The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 71(6), 618–629.