

KETERAMPILAN PEMECAHAN MASALAH MAHASISWA DALAM PEMBELAJARAN BANDUL FISIS MENGGUNAKAN MODEL *PROBLEM SOLVING VIRTUAL LABORATORY*

Sutarno^{1,2}, Agus Setiawan¹, Andi Suhandi¹, Ida Kaniawati¹, Desy Hanisa Putri²

¹Program Studi Pendidikan IPA, Sekolah Pascasarjana, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudi No 229, Bandung

²Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, Universitas Bengkulu, Jl. WR. Supratman Kandang Limun, Bengkulu

E-mail: m.sutarno@unib.ac.id

Abstract - *This study aims to explore pre-service physics teachers' problem-solving skills through the implementation of problem solving virtual laboratory (PSVL) model on the concept of simple pendulum. This research has been conducted at a university in Bengkulu in academic year 2016/2017. This research is a quasi experiment with nonequivalent control group design. Subjects were 70 students divided into experimental and control groups. Students of the experimental group follow lab activity using PSVL model, while the control group used the expository virtual lab (EVL) model. Students' problem-solving skills are explored using problem-solving skills tests. Based on the data analysis, it is found that the improvement of students' problem solving skills of experimental group and control group differ significantly. Improved students' problem solving skills in experiment group was higher than control group. It can be concluded that the implementation of the PSVL model can improve students' problem-solving skills.*

Keywords: *problem-solving skills, problem solving virtual laboratory, expository virtual laboratory*

PENDAHULUAN

Aktivitas laboratorium merupakan bagian penting dalam pembelajaran fisika. Kegiatan praktikum di laboratorium bukan saja dapat membantu siswa dalam memahami konsep/teori yang dipelajarinya, melainkan juga dapat memfasilitasi siswa dalam mengkonstruksi pengetahuan melalui serangkaian proses kognitif (Hofstein & Lunnetta, 2004). Selain itu, praktikum juga dapat membekalkan keterampilan praktis laboratorium dan pengalaman menerapkan metode ilmiah (Tobin, 1990). Praktikum memiliki peran penting dalam pembelajaran fisika sehingga tidak boleh diabaikan. Namun demikian, pelaksanaan praktikum fisika di kebanyakan sekolah dan LPTK masih mengalami banyak hambatan dan tantangan sehingga kurang memberikan manfaat kepada siswa (Putri & Sutarno, 2014; Putri *et. al.*, 2017a; Putri *et. al.*, 2017b).

Beberapa hambatan dan tantangan yang dialami guru dalam menyelenggarakan praktikum fisika diantaranya adalah minimnya ketersediaan peralatan praktikum sesuai standar kebutuhan, pengetahuan dan penguasaan guru terkait model praktikum masih rendah, kemampuan guru dalam merancang kegiatan praktikum berbasis keterampilan berpikir masih rendah, dan alokasi waktu pembelajaran fisika yang tersedia kurang mendukung bagi pelaksanaan praktikum (Putri & Sutarno, 2014). Kenyataan tersebut menyebabkan keterlaksanaan praktikum fisika di kebanyakan sekolah masih berada pada kategori rendah (Putri *et. al.*, 2017a). Model praktikum yang dominan diterapkan adalah model ekspositori (Putri *et. al.*, 2017b). Pada model praktikum ekspositori, siswa biasanya hanya disibukkan oleh kegiatan merangkai alat dan melakukan pengumpulan data mengikuti prosedur rinci yang terdapat pada buku penuntun. Siswa tidak

diberi kesempatan untuk mengeksplorasi masalah, membuat hipotesis, serta merencanakan dan menggunakan berbagai strategi pemecahan masalah. Model praktikum ekspositori kurang mampu membekalkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Kistiono, 2014).

Terdapat beberapa solusi alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi hambatan dan tantangan bagi penyelenggaraan kegiatan praktikum. Pertama, minimnya ketersediaan peralatan praktikum dan keterbatasan waktu pembelajaran yang tidak akomodatif terhadap pelaksanaan praktikum dapat diatasi melalui penerapan praktikum virtual berbasis simulasi komputer. Praktikum virtual menggunakan *virtual lab* selain tidak membutuhkan peralatan *real* berbiaya mahal, juga dapat mereduksi konsumsi waktu praktikum. Praktikum virtual dapat dilakukan secara fleksibel tanpa terbatas ruang dan waktu, dapat dilakukan oleh siswa secara berulang-ulang tanpa rasa takut akan resiko bahaya yang ditimbulkannya, dan dapat membantu dalam mengamati gejala-gejala mikroskopis yang tidak dapat diobservasi secara langsung melalui praktikum *real* di laboratorium (Wibowo, *et. al.*, 2016; Gunawan *et. al.*, 2017). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa *virtual lab* dapat meningkatkan pemahaman dan penguasaan konsep (Bajpai & Kumar, 2015; Chao, 2015; Sari *et. al.*, 2016) dan memiliki efektivitas yang sama dengan *real lab* dalam meningkatkan hasil belajar siswa (Bajpai, 2013; Darrah *et. al.*, 2014; Taslidere, 2015). Kedua, penggunaan model praktikum ekspositori yang kurang mampu melatih keterampilan pemecahan masalah dapat diatasi dengan menerapkan model *problem solving lab*. Model ini secara sengaja dirancang untuk melatih siswa dalam menerapkan berbagai strategi dalam memecahkan masalah. Selain itu, model ini berpotensi mampu melatih keterampilan

berpikir tingkat tinggi lainnya bila dikembangkan secara tepat sesuai kebutuhan.

Model *problem solving lab* merupakan salah satu model praktikum yang mengadaptasi konsep pembelajaran berbasis masalah. Pembelajaran berbasis masalah dapat digunakan untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik (Jonassen, 2011). Pembelajaran berbasis masalah dapat memfasilitasi perubahan keterampilan berpikir dari tingkat rendah ke tingkat yang lebih tinggi. Pembekalan keterampilan berpikir tingkat tinggi merupakan salah satu tujuan utama dalam konsep pembelajaran abad 21 (Binkley *et. al.*, 2012). Salah satu bentuk keterampilan berpikir tingkat tinggi yang harus dibekalkan adalah keterampilan pemecahan masalah. Keterampilan ini sangat penting bagi siswa mengingat mereka saat ini hidup dalam dunia yang semakin kompleks. Namun demikian beberapa hasil penelitian terdahulu memperlihatkan bahwa keterampilan pemecahan masalah mahasiswa masih relatif rendah (Busyairi & Sinaga, 2015; Sutarno *et. al.*, 2017a).

Tahapan praktikum yang harus ditempuh mahasiswa pada model *problem solving lab* adalah persiapan, *real world problems*, evaluasi dan pemilihan ide, prediksi kelompok, pertanyaan metode, eksplorasi, pengukuran, analisis data, dan kesimpulan. Setiap tahap berisi pertanyaan-pertanyaan yang dapat mengarahkan siswa pada strategi pemecahan masalah. Aktivitas praktikum pada model *problem solving lab* distimuli melalui permasalahan yang dideskripsikan dalam bentuk *real world problems*. Siswa dituntut mampu merumuskan prosedur penyelidikan, pengukuran, dan analisis data secara mandiri menggunakan berbagai strategi pemecahan masalah untuk mendapatkan solusi atas permasalahan yang dihadapi.

Eksplorasi dampak penerapan praktikum fisika berbasis *virtual lab* terhadap hasil belajar siswa telah banyak dilakukan, namun demikian belum teridentifikasi perangkat *virtual lab* yang secara sengaja dirancang untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa (Sutarno, 2013). Pada penelitian ini dilakukan penerapan model *problem solving virtual lab* untuk melatih dan mengembangkan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa calon guru fisika. Hasil penelitian yang diperoleh dapat dijadikan sebagai salah satu acuan bagi pemilihan model praktikum yang dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa. Selain itu, hasil penelitian yang diperoleh dapat dijadikan sebagai referensi bagi pengembangan model praktikum berbasis keterampilan berpikir tingkat tinggi lainnya yang dapat dikembangkan dari model *problem solving virtual lab* yang telah diterapkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi keterampilan pemecahan masalah mahasiswa calon guru fisika melalui penerapan model *problem solving virtual lab* (PSVL) dalam kegiatan praktikum bandul fisis. Metode penelitian yang digunakan adalah kuasi eksperimen dengan desain *non equivalent control group design*. Penelitian dilakukan di Program Studi Pendidikan Fisika di salah satu universitas di Kota Bengkulu. Subjek pada penelitian ini adalah 70 mahasiswa (28 laki-laki dan 42 perempuan) yang mengambil Matakuliah Fisika Dasar pada tahun akademik 2016/2017. Subjek penelitian selanjutnya dibagi ke dalam kelompok eksperimen (35 mahasiswa) yang akan mengikuti praktikum dengan model PSVL dan kelompok kontrol (35 mahasiswa) yang akan mengikuti praktikum dengan model *expository virtual lab* (EVL).

Instrumen yang digunakan untuk mengeksplorasi keterampilan pemecahan masalah mahasiswa adalah lembar tes keterampilan pemecahan masalah fisika berbentuk soal essay.

Indikator keterampilan pemecahan masalah yang digunakan dalam penelitian ini diadaptasi dari Heller dan Heller (2010) yang terdiri atas keterampilan membuat sketsa fisis yang merepresentasikan masalah, menentukan konsep/prinsip fisika yang sesuai, menerapkan konsep/prinsip fisika pada situasi khusus, merumuskan dan menerapkan prosedur pemecahan masalah, dan mengevaluasi solusi. Pedoman penilaian keterampilan pemecahan masalah mahasiswa didasarkan rubrik yang telah dikembangkan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji beda dua rerata (uji t) dua sampel independen untuk mengetahui perbedaan peningkatan keterampilan pemecahan masalah pada kedua kelompok mahasiswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi ini merupakan bagian dari penelitian utama yang bertujuan mengembangkan model *problem solving virtual lab* (PSVL) untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi mahasiswa calon guru fisika. Pada penelitian ini dilakukan uji dampak penerapan model PSVL terhadap peningkatan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa. Model PSVL diterapkan pada mahasiswa kelompok eksperimen. Sebagai bahan pembanding, dilakukan penerapan model *expository virtual lab* (EVL) pada kelas kontrol.

Model PSVL terdiri atas dua tahap utama, yaitu tahap pra-lab dan tahap aktivitas lab. Tahap pra-lab terdiri atas kegiatan persiapan yang harus dilakukan atau kompetensi awal yang harus dimiliki sebelum mengikuti praktikum, membaca dan memahami permasalahan yang terdapat pada *real world problem*, mengevaluasi dan memilih ide, merumuskan prediksi kelompok, dan menjawab pertanyaan metode. Tahap aktivitas lab terdiri dari kegiatan eksplorasi cara pengoperasian dan fungsi alat, merumuskan prosedur percobaan, melakukan pengukuran menggunakan prosedur yang telah dirumuskan,

melakukan pengolahan dan analisis data yang mengarahkan pada solusi permasalahan, dan menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis data. Tahap pra-lab dikerjakan secara berkelompok di luar perkuliahan sebelum tahap aktivitas lab dimulai. Sedangkan tahap aktivitas lab dilakukan selama kegiatan praktikum berlangsung.

Kekuatan dan keberhasilan model PSVL dalam melatih keterampilan pemecahan masalah diantaranya sangat dipengaruhi oleh karakteristik permasalahan yang dituangkan dalam *real world problem*. Permasalahan yang diberikan harus mampu membangkitkan tantangan dan motivasi mahasiswa untuk terlibat dalam proses pemecahan masalah, oleh karena itu, permasalahan yang diberikan harus dikaitkan dengan kehidupan sehari-hari (Heller & Heller, 2010; Jonassen, 2011). Permasalahan yang digunakan dalam penelitian ini deskripsikan dalam *real world problem* sebagai berikut:

Kamu dan beberapa temanmu sedang melakukan praktik kerja lapangan di sebuah perusahaan yang bergerak di bidang geofisika. Atasanmu mengetahui bahwa kamu adalah calon sarjana fisika, oleh karena itu beliau mengajakmu berdiskusi mengenai informasi bahwa endapan bijih besi atau minyak bumi di suatu tempat tertentu yang kerapatannya berbeda dengan bahan-bahan di sekelilingnya akan mempengaruhi nilai percepatan gravitasi pada tempat tersebut. Dengan demikian, hasil pengukuran nilai percepatan gravitasi di daerah yang sedang diselidiki dapat memberikan informasi penting tentang sifat endapan yang terdapat di daerah tersebut. Atasanmu ingin membuktikan kebenaran informasi itu dan menugaskan kelompokmu untuk menyelidiki sifat endapan di suatu daerah yang diduga mengandung minyak bumi dengan cara mengukur kecepatan gravitasi di tempat tersebut.

Sebelum mengukur gravitasi ke lapangan, kelompokmu memutuskan untuk memodelkan cara mengukur percepatan gravitasi melalui percobaan bandul fisis yang melibatkan variabel panjang tali bandul (l), massa bandul (m), sudut ayunan (θ) dan kuadrat perioda ayunan (T^2). Selanjutnya besar percepatan gravitasi akan ditentukan berdasarkan

kurva hubungan antara variabel-variabel yang memungkinkan.

Sebelum memulai membuat pemodelan, kamu meminta pendapat anggota kelompokmu terkait bagaimana model bandul fisis yang paling tepat digunakan. Pendapat mereka adalah: (1) Nita berpendapat bahwa panjang tali dan massa bandul yang digunakan harus dijaga konstan dan sudut ayunan bandul harus divariasikan, pola ini akan memberikan nilai percepatan gravitasi yang sebenarnya. Nilai gravitasi dapat ditentukan melalui kurva hubungan antara panjang tali dan sudut ayunan bandul. (2) Dio berpendapat bahwa panjang tali dan sudut ayunan harus dijaga konstan, sedangkan massa bandul harus divariasikan agar pengaruhnya terhadap besar periode ayunan dapat diketahui. Nilai gravitasi dapat ditentukan melalui kurva hubungan antara massa bandul dan kuadrat periode ayunan bandul. (3) Robert berpendapat bahwa sudut ayunan harus dibuat cukup kecil, massa bandul dibuat tetap, sedangkan panjang tali bandul harus divariasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap periode ayunan bandul. Nilai gravitasi dapat ditentukan melalui kurva hubungan antara panjang tali dan kuadrat periode ayunan bandul.

Kamu menjadi bingung karena ketiga temanmu memiliki pendapat yang berbeda-beda. Untuk memastikan pendapat siapa yang benar maka kamu mengajak teman-temanmu untuk melakukan pengujian secara langsung menggunakan tahap-tahap berikut:

Langkah pertama pada tahap pra-lab dalam model PSVL adalah membaca dan memahami masalah, selanjutnya mahasiswa bekerja secara kolaboratif untuk mengevaluasi ide-ide yang ada dan menetapkan ide yang diyakini dapat mengarahkan pada pemecahan masalah yang dihadapi. Pada tahap ini, tentu saja mahasiswa dapat memiliki pendapat yang berbeda-beda. Mereka akan mengemukakan berbagai argumen untuk mempertahankan pendapat masing-masing. Perbedaan pendapat tersebut akan mendorong mahasiswa melakukan identifikasi bukti, fakta, atau informasi yang mendukung, baik yang telah diketahui maupun yang belum diketahui. Mereka akan terlibat dalam proses mengevaluasi dan mengidentifikasi setiap ide

yang ada berdasarkan bukti-bukti yang ditemukan dan pada akhirnya dapat menentukan atau memilih salah satu ide yang merepresentasikan keputusan kelompok.

Berikut merupakan gambaran aktivitas mahasiswa pada tahap aktivitas lab pada model PSVL. Mahasiswa terlibat dalam proses merumuskan strategi pemecahan masalah. Mereka melakukan diskusi kelompok untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang terdapat pada setiap tahap percobaan. Mereka menyadari bahwa pertanyaan-pertanyaan tersebut akan menuntun pada kemampuan merumuskan langkah-langkah percobaan yang akan digunakan untuk mengumpulkan data-data percobaan. Mereka berusaha mengontrol dan memanipulasi variabel pada saat melakukan pengukuran dengan tujuan agar data yang diperoleh benar-benar berguna dan mengarahkan pada pemecahan masalah. Mereka terlibat dalam aktivitas mengorganisasi data dalam bentuk tabel, grafik hubungan antar variabel, bagan, dan bentuk representasi lainnya yang sesuai. Mereka juga mendiskusikan bagaimana pengolahan dan analisis data yang sesuai. Pada akhirnya, mereka menarik kesimpulan dan mengevaluasi kesesuaian antara hasil percobaan dengan prediksi awal kelompok. Setiap tahapan praktikum diwarnai dengan curah pendapat dari setiap anggota kelompok, sampai akhirnya diperoleh kesepakatan bersama terkait tugas yang dikerjakan. Model PSVL yang diterapkan mampu mendorong sebanyak mungkin pelibatan mahasiswa pada proses kognitif dan kolaboratif. Aktivitas praktikum lebih didominasi oleh aktivitas *minds-on* daripada *hands-on* sehingga lebih dapat mendorong pengembangan keterampilan berpikir mahasiswa. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa penggunaan *real problems* dalam praktikum dapat membekalkan keterampilan berpikir

tingkat tinggi peserta didik (Kistiono, 2014; Malik *et. al.*, 2017).

Berbeda dengan model EVL, tahapan kegiatan praktikum yang digunakan diadopsi dari langkah-langkah praktikum *cookbook* yang terdiri atas tahap tujuan, teori dasar, alat dan bahan, prosedur percobaan, organisasi data, analisis data, dan kesimpulan. Tujuan praktikum dinyatakan secara jelas di awal praktikum, berfungsi sebagai acuan utama yang akan menuntun mahasiswa pada aktivitas praktikum. Mahasiswa melakukan percobaan mengikuti langkah-langkah yang terdapat pada buku penuntun praktikum. Data yang diperoleh diorganisasi dalam bentuk representasi yang telah ditentukan, yaitu dalam bentuk tabel dan grafik hubungan antar variabel. Selanjutnya mereka melakukan analisis data sesuai petunjuk yang diberikan untuk menghasilkan kesimpulan. Dibandingkan dengan model PSVL, pelaksanaan praktikum menggunakan model EVL lebih efisien dalam hal konsumsi waktu, namun demikian model EVL kurang mampu melibatkan mahasiswa dalam aktivitas berpikir. Selain itu, teramati bahwa kualitas keterlibatan mahasiswa dalam kerja kolaboratif relatif rendah. Aktivitas praktikum hanya didominasi oleh individu tertentu, sedangkan anggota kelompok lainnya cenderung pasif. Keadaan tersebut bertentangan dengan prinsip kerja kolaborasi yang menekankan bahwa perkembangan/capaian belajar setiap individu dalam kelompok harus setara dengan perkembangan yang dicapai kelompok (Barkley *et. al.*, 2014)

Perbedaan tingkat keterlibatan mahasiswa pada aktivitas berpikir dalam kedua model tersebut berdampak pada perbedaan peningkatan keterampilan pemecahan masalah yang dicapai mahasiswa. Peningkatan keterampilan pemecahan masalah dari pretes ke postes direpresentasikan dalam skor *N-gain*. Rerata skor *N-gain* mahasiswa pada kelompok eksperimen adalah sebesar 0,51 dalam kategori

sedang, sementara pada kelompok kontrol sebesar 0,25 dalam kategori rendah. Skor rerata pretes, postes, dan N-gain kelompok eksperimen dan kontrol ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Skor Rerata Pretes, Postes, dan N-gain Keterampilan Pemecahan Masalah

Kelompok	Skor Pretes	Skor Postes	N-Gain
Eksperimen	42	70	0,51
Kontrol	41	58	0,25

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa skor awal keterampilan pemecahan masalah mahasiswa pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol tidak berbeda secara signifikan. Setelah kedua kelompok mengikuti kegiatan praktikum menggunakan model yang berbeda, ternyata menghasilkan capaian skor akhir keterampilan pemecahan masalah yang berbeda secara signifikan. Skor rerata postes kelompok eksperimen 12 poin lebih besar dibandingkan kelompok kontrol. Demikian juga, terlihat bahwa rerata N-gain kelompok eksperimen lebih besar dibandingkan dengan kelompok kontrol. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa penerapan praktikum berbasis *problem solving* dapat melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi (Sutarno *et. al.*, 2017b) dan dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa (Heller & Heller, 2010).

Model pembelajaran berbasis *problem solving* dapat membekalkan dan memberikan pengalaman langsung dalam menerapkan strategi pemecahan masalah untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi (Gok, 2014). Model pembelajaran berbasis masalah berbantuan simulasi PhET dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa (Hastuti *et. al.*, 2016; Jauhari *et. al.*, 2016). Selain itu, ditemukan bahwa praktikum berbasis *virtual lab* dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa calon guru fisika (Gunawan *et. al.*, 2017).

Perbandingan capaian keterampilan pemecahan masalah pada setiap indikator antara kedua kelompok ditunjukkan pada Tabel 2. Terlihat bahwa N-gain kelompok eksperimen secara signifikan lebih besar dibandingkan kelompok kontrol untuk indikator keterampilan membuat sketsa fisis yang merepresentasikan masalah, dan keterampilan merumuskan dan menerapkan prosedur pemecahan masalah. Sedangkan N-gain kelompok kontrol secara signifikan lebih besar dibandingkan skor kelompok eksperimen untuk indikator keterampilan mengevaluasi solusi. Sementara itu, N-gain kedua kelompok tidak berbeda signifikan untuk indikator keterampilan menentukan konsep/prinsip fisika yang sesuai, dan keterampilan menentukan konsep/prinsip fisika pada situasi/kondisi khusus.

Tabel 2. Skor Rerata Pretes, Postes, dan N-gain Setiap Indikator Keterampilan Pemecahan Masalah

Indikator	Kelompok	Skor Pretes	Skor Postes	N-gain
Keterampilan membuat sketsa fisis yang merepresentasikan masalah	Eksperimen	38	74	0,58
	Kontrol	38	40	0,03
Keterampilan menentukan konsep/prinsip fisika yang sesuai	Eksperimen	50	66	0,32
	Kontrol	50	67	0,34
Keterampilan menentukan konsep/prinsip fisika pada situasi/kondisi khusus	Eksperimen	40	60	0,33
	Kontrol	40	61	0,35
Keterampilan merumuskan dan menerapkan prosedur pemecahan masalah	Eksperimen	27	51	0,33
	Kontrol	26	36	0,14
Keterampilan mengevaluasi solusi	Eksperimen	61	82	0,48
	Kontrol	54	76	0,59

Secara keseluruhan skor rerata kemampuan pemecahan masalah mahasiswa pada kelompok eksperimen lebih besar dibandingkan kelompok kontrol. Hasil ini mengindikasikan bahwa penggunaan model PSVL dapat lebih meningkatkan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa dibandingkan dengan model EVL. Model PSVL dapat dijadikan sebagai model praktikum alternatif yang dapat digunakan sebagai wahana untuk membekalkan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa melalui kegiatan praktikum fisika.

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: (1) peningkatan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa calon guru fisika yang mengikuti praktikum menggunakan model *problem solving virtual lab* secara signifikan lebih baik dibandingkan dengan mahasiswa yang mengikuti praktikum menggunakan model *expository virtual lab*, (2) model *problem solving virtual lab* dapat digunakan untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa calon guru fisika melalui kegiatan praktikum.

Penelitian serupa dapat dilakukan untuk mengeksplorasi efektivitas model *problem solving virtual lab* dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa pada kelompok kemampuan rendah, sedang, dan tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia melalui Beasiswa Program Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN) di Universitas Pendidikan Indonesia. Penulis mengucapkan terimakasih atas semua fasilitas yang diberikan.

REFERENSI

- Bajpai, M. 2013. Developing concepts in physics through virtual lab experiment: an effectiveness study. *International Journal of Educational Technology*. 3(1), 43-50.
- Bajpai, M. & Kumar, A. 2015. Effect of virtual laboratory on student's conceptual achievement in physics. *International Journal of Current Research*. 7(02), 12808-12813.
- Barkley, E.E., Cross, K.P., & Major, C.H. 2014. *Collaborative Learning Techniques: Teknik-teknik Pembelajaran Kolaboratif*. Bandung: Penerbit Nusa Media.
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Ricci, M. M., & Rumble, M. 2012. *Defining twenty-first century skills* (Griffin, et al, Eds: Assessment and teaching of 21st century skills). New York.
- Busyairi, A & Sinaga, P. 2015. Profil keterampilan pemecahan masalah secara kreatif siswa SMA pada pokok bahasan listrik dinamis. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2015*. 4: 23-28.
- Chao, J. et. al. 2015. Sensor-augmented virtual labs: using physical interactions with science simulations to promote understanding of gas behavior. *J Sci Educ Technol*.
- Darrah, M., Humbert, R., Finstein, J., Simon, M. & Hopkins, J. 2014. Are virtual labs as effective as hands-on labs for undergraduate physics? a comparative study at two major universities. *Journal of Science Education Technology*. 23 (6), 803-814.
- Gok, T. 2014. Students' achievement, skill and confidence in using stepwise problem-solving strategies. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*. 10(6), 617-624.

- Gunawan., Harjono, A., Sahidu, H., & Herayanti, L. 2017. Virtual laboratory to improve students' problem-solving skills on electricity concept. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*. 6(2), 257-264.
- Hastuti, A., Sahidu, H. & Gunawan. 2016. Pengaruh model PBL berbantuan media virtual terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*. 2(3), 129-135.
- Heller, P. & Heller, K. 2010. Problem solving labs, in cooperative group problem solving in physics. *Research Report*. Departement of Physics University of Minnesota.
- Hofstein, A & Lunnetta, V.N. 2004. The laboratory in science education: foundations for the twenty first century. *Science Education*. 88, 28-54.
- Jauhari, T., Hikmawati. & Wahyudi. 2016. Pengaruh model pembelajaran berbasis masalah berbantuan media phet terhadap hasil belajar fisika siswa kelas X SMAN 1 Gunungsari Tahun Pelajaran 2015/2016. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*. 2(1), 7-12.
- Jonassen, D. H. 2011. *Learning to Solve Problems: A Handbook for Designing Problem-Solving Learning Environments*. New York and London: Roudledge.
- Kistiono. 2014. *Pengembangan model praktikum kontekstual pada praktikum fisika dasar untuk meningkatkan keterampilan generik sains dan pemahaman konsep*. (Disertasi). Bandung: SPs UPI.
- Malik, A., Setiawan, A., Suhandi, A. & Permanasari, A. 2017. Learning experience on transforming using HOT lab for pre-service physics teachers. *Journal of Physics: Conference Series*. 889 (2017) 012140.
- Putri, D. H & Sutarno, M. 2014. Profil peralatan dan keterlaksanaan praktikum fisika SMA di wilayah miskin Propinsi Bengkulu. *Jurnal Exacta*. 12(1), 1-6
- Putri, D.H., Risdianto, E. & Sutarno, S. 2017a. Pre-service physics teachers' perception toward hands-on lab activity and their 21st century skills. *Journal of Physics: Conference Series*. 889 (2017) 012015.
- Putri, D.H., Risdianto, E. & Sutarno, S. 2017b. Identifikasi keterlaksanaan praktikum fisika SMA dan pembekalan keterampilan abad 21. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Interpreneurship IV*. Semarang: UPGRIS.
- Pyatt, K. & Sims, R. 2011. Virtual and physical experimentation in inquiry-based science labs: attitudes, performance and access. *J Sci Educ Technol*. 21, 133-147.
- Sari, P.I., Gunawan. & Harjono, A. 2016. Penggunaan discovery learning berbantuan laboratorium virtual pada penguasaan konsep fisika siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*. 2(4), 176-182.
- Sutarno. 2013. Pengaruh penerapan praktikum virtual berbasis problem solving terhadap kemampuan berpikir kritis mahasiswa. *Prosiding Semirata BKS-PTN Wilayah Barat*. Lampung: FMIPA Unila.
- Sutarno, S., Setiawan, A., Suhandi, A. & Kaniawati, I. 2017a. Pre-service physics teachers' problem-solving skills in projectile motion concept. *Journal of Physics: Conference Series*. 889 (2017) 012105.
- Sutarno, S., Setiawan, A., Suhandi, A. & Kaniawati, I. 2017b. Learning outcome dalam pembelajaran fisika berbasis virtual lab. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Interpreneurship IV*. Semarang: UPGRIS.

- Taslidere, E. 2015. A study investigating the effect of treatment developed by integrating the 5E and simulation on pre-service science teacher's achievement in photoelectric effect. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 11(4), 777-792.
- Tobin, K. 1990. Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*. 90(5), 403–418.
- Wibowo, F.C., Suhandi, A., Rusdiana, D., Darman, D.R., Ruhiat, Y., Denny, Y., Suherman., & Fatah, A. 2016. Microscopic virtual media (MVM) in physics learning: case study on students understanding of heat transfer. *Journal of Physics: Conference Series*. 739 (2016) 012044.