



Received:
03-10-2016
Revised:
25-11-2016
Accepted:
13-02-2017
Published
27-04-2017

Pengaruh Problem Based Learning Berbantuan Kombinasi Real Dan Virtual Laboratory Terhadap Keterampilan Proses Sains Dan Penguasaan Konsep Siswa Di Sman 1 Lumajang

Hendrik Siswono*, Wartono, Supriyono Koes. H

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang,
Jl Semarang No.5, Malang, 65145, Indonesia

*E-mail: hendriksiswono@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji pengaruh problem based learning (PBL) dengan kombinasi *real laboratory* dan *virtual laboratory* terhadap keterampilan proses sains siswa dan penguasaan konsep siswa. Penelitian ini menggunakan rancangan *quasi-experimental posttest only design*. Populasi penelitian ini seluruh kelas X SMAN 1 Lumajang semester genap tahun ajaran 2013/2014. Sampel terdiri atas empat kelas eksperimen dan dua kelas kontrol yang dipilih secara *cluster random sampling*. Kelas eksperimen pertama belajar dengan PBL menggunakan kombinasi *real* dan *virtual laboratory*, kelas eksperimen kedua belajar dengan PBL menggunakan *virtual laboratory*, dan kelas kontrol belajar dengan PBL menggunakan *real laboratory*. Instrumen penelitian terdiri atas silabus, rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP), lembar kerja siswa (LKS), soal penguasaan konsep dan rubrik penilaian keterampilan proses sains siswa. Pembelajaran dilakukan pada materi listrik dinamis. Data yang didapatkan dianalisis menggunakan *multivariate of anova*. Pengaruh pembelajaran diuji dengan uji Scheff. Berdasarkan hasil analisis data menunjukkan bahwa terdapat perbedaan penguasaan konsep dan keterampilan proses sains antara siswa yang belajar dengan PBL menggunakan kombinasi *real* dan *virtual laboratory* dan siswa yang belajar dengan PBL menggunakan *virtual laboratory* dan *real laboratory* saja. Selanjutnya, PBL menggunakan kombinasi *real* dan *virtual laboratory* lebih baik daripada PBL menggunakan *virtual laboratory* dan *real laboratory* saja terhadap penguasaan konsep dan keterampilan proses sains siswa.

Kata Kunci: *problem based learning, virtual laboratory, real laboratory, penguasaan konsep fisika, keterampilan proses sains.*

A. Pendahuluan

Proses pembelajaran merupakan proses interaksi siswa dengan guru dan sumber belajar pada lingkungan belajar (Depdiknas, 2003). Dalam proses pembelajaran, siswa mengkonstruksi pengetahuan, belajar memecahkan masalah, mengolah dan menggunakan pengetahuannya untuk menemukan solusi (Permendikbud, 2013). Siswa harus dilibatkan secara aktif yang ditekankan pada perkembangan aspek kognitif, psikomotorik dan afektif, sedangkan seorang guru berperan penting sebagai fasilitator dan motivator bagi siswa (Sujarwata, 2009). Pembelajaran menjadi bermakna jika siswa dapat memahami pelajaran dengan menghubungkan materi pelajaran dengan konteks dalam kehidupan sehari-hari yang dilakukan dengan metode ilmiah (Wilhelm dkk, 2007). Mata pelajaran yang dapat dihubungkan dengan konteks kehidupan sehari-hari salah satunya adalah pelajaran fisika.

Pengetahuan tentang fisika, konsep dan gagasan yang terorganisir tentang alam sekitar diperoleh dari serangkaian pengalaman yang dilakukan dengan mengkonstruksi fenomena didalamnya (Prihatiningtyas, 2013). Fisika sangat erat dengan hakikat sains yang bertujuan memahami fenomena alam dengan penyelidikan dan penemuan (Balim, 2009). Sains berkaitan erat dengan bagan-bagan konsep yang telah berkembang sebagai suatu hasil pengukuran kuantitatif melalui eksperimen. Listrik

Dinamis merupakan salah satu materi fisika yang dapat dibelajarkan melalui eksperimen. Hasil penelitian tentang listrik dinamis menunjukkan siswa sulit mendeskripsikan bagaimana elektron mengalir pada penghantar karena pada kehidupan sehari-hari siswa tidak pernah melihat aliran elektron pada kawat yang sedang menghantarkan listrik (Mursalin, 2013), siswa sulit dalam menafsirkan dan menganalisis gambar dari berbagai rangkaian termasuk seri, paralel, dan kombinasi keduanya, memahami nyala bola lampu ketika rangkaian dimodifikasi, dan menganalisis arus yang mengalir pada kutub positif dan negatif baterai ketika diserap oleh komponen pada rangkaian (Baser, 2010; Engelhardt,dkk, 2004; Kuckozer,dkk, 2007). Kesulitan-kesulitan yang terjadi dapat diberikan solusi melalui pembelajaran eksperimen. Materi rangkaian listrik dalam pembelajaran fisika yang dilakukan secara eksperimen dapat mendorong siswa untuk memahami konseptual (Baser, 2010).

Keterlibatan siswa dalam eksperimen akan memunculkan keterampilan-keterampilan proses pada diri siswa. Keterampilan proses sains ini mendorong adanya peningkatan yang signifikan dalam penguasaan materi pelajaran. Proses pembelajaran diharapkan dapat mengembangkan keterampilan proses sains siswa untuk lebih aktif dalam proses belajar sehingga dapat mendukung penguasaan konsep yang kuat pada siswa (Mweene, 2012). Berkembangnya keterampilan sains siswa diperoleh melalui proses ilmiah yang bertujuan untuk meningkatkan aspek kognitif, psikomotorik dan afektif siswa. Akan tetapi, guru cenderung mengajar hanya satu arah (teacher centered) yang menyebabkan penumpukan informasi dan konsep saja tanpa mengajarkan bagaimana siswa seharusnya menyelesaikan masalah secara ilmiah. Hal ini menunjukkan bahwa guru sains fisika cenderung menggunakan metode ceramah yang disebabkan oleh keterbatasan waktu mengajar, target materi dan sarana prasarana yang kurang memadai (Setyorini, 2011). Hal ini diperlukan pembelajaran yang mengutamakan keaktifan siswa dalam mengembangkan sikap ilmiah siswa.

Problem Based Learning (PBL) merupakan pembelajaran yang melibatkan siswa secara aktif sehingga dapat mengembangkan sikap ilmiah siswa melalui keterampilan-keterampilan proses sains untuk meningkatkan penguasaan konsep materi. PBL lebih fokus kepada kreativitas siswa pada pemecahan masalah dengan mengembangkan solusi ilmiah dan mendapatkan ide atau informasi sehingga dapat memunculkan daya pikir, keterampilan sains dan sikap siswa (Arends, 2013). Beberapa penelitian melaporkan pembelajaran PBL memungkinkan siswa untuk menuju pada penguasaan informasi dan belajar untuk menerapkan konsep dalam lingkup kehidupan nyata. Situasi ini menjadi titik tolak pembelajaran untuk memahami konsep atau prinsip dan memecahkan masalah tersebut melalui keterampilan-keterampilan proses yang dilakukan siswa (Yadav, 2011; Yokhebed, 2012; Downing, 2010). Hal yang terpenting dalam PBL yaitu bagaimana siswa dapat mencari solusi masalah dengan melakukan investigasi untuk membangun pengetahuan mereka sendiri (Arends, 2013). Investigasi dalam PBL dapat dilakukan dengan pembelajaran eksperimen.

Eksperimen dilakukan melalui kegiatan laboratorium menggunakan alat-alat nyata dengan rangkaian kegiatan pengukuran, pengolahan data, dan penarikan kesimpulan yang bertujuan untuk membuktikan konsep yang sudah diajarkan (Sarwi, 2010). Akan tetapi, terbatasnya alat-alat laboratorium dalam eksperimen menyulitkan siswa memperoleh data untuk menyimpulkan kejadian atau konsep terkait (Amalia, 2012). Kendala lain pada penerapan konsep yang abstrak juga akan sangat sulit digambarkan dalam pengamatan melalui laboratorium nyata (Zollman, 2002). Hal ini dapat diatasi dengan memanfaatkan metode pembelajaran menggunakan media berbentuk simulasi virtual yang digunakan untuk media eksperimen atau percobaan tanpa mengurangi konsep materi yang dibelajarkan.

Sebuah penelitian melaporkan bahwa eksperimen yang dilakukan secara virtual dapat digunakan untuk mengaplikasikan konsep yang bersifat abstrak dan memberikan umpan balik yang konstruktif untuk membantu siswa menyadari penerapan konsep mereka dan mendorong siswa untuk memperbaikinya (Baser,dkk, 2010). Laboratorium virtual dalam penggunaan media animasi efektif dalam meningkatkan motivasi siswa dan keinginan mereka untuk berpartisipasi kegiatan laboratorium (Karagoz, 2010; Tuysuz, 2010; Finkelstein, 2005). Penggunaan media pembelajaran yang tepat akan membuat pembelajaran lebih menarik dan meningkatkan minat siswa untuk belajar serta diharapkan prestasi belajarnya pun meningkat.

Kedua proses pembelajaran menggunakan metode laboratorium real (nyata) dan virtual tersebut dapat lebih mengembangkan aspek-aspek keterampilan proses yang dimiliki setiap siswa baik dari segi keterampilan berpikir, berinteraksi sosial dalam penyelesaian masalah dan penyelidikan dengan mengkombinasikan kedua metode laboratorium tersebut (Saepuzaman, 2011). Hasil penelitian yang

sejalan melaporkan kombinasi laboratorium real (nyata) dan virtual dapat meningkatkan dan merubah pemahaman siswa tentang konsep fisika melalui penyelidikan (Zacharia, 2007). Penelitian lain juga mendukung penggabungan eksperimen real dan virtual memiliki dampak positif pada berkembangnya keterampilan, sikap dan pemahaman konseptual siswa (Oral, 2009; Hamdani, 2013; Saepuzaman, 2011).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penguasaan konsep dan keterampilan proses sains yang lebih tinggi antara siswa yang belajar dengan PBL berbantuan kombinasi real (nyata) dan virtual serta PBL berbantuan real laboratory saja dan virtual laboratory saja. Adapun hipotesis penelitian ini adalah terdapat perbedaan penguasaan konsep dan keterampilan proses sains siswa yang belajar dengan PBL berbantuan kombinasi real (nyata) dan virtual serta PBL berbantuan *real laboratory* saja dan virtual laboratory saja. Penguasaan konsep siswa yang belajar dengan PBL berbantuan kombinasi *real* (nyata) dan virtual lebih tinggi daripada siswa yang belajar dengan PBL berbantuan real laboratory saja dan virtual laboratory saja. Keterampilan proses sains siswa yang belajar dengan PBL berbantuan kombinasi real (nyata) dan *virtual* lebih tinggi daripada siswa yang belajar dengan PBL berbantuan *real laboratory* saja dan *virtual laboratory* saja.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuasi eksperimen dengan menggunakan enam kelas yaitu empat kelas eksperimen dan dua kelas kontrol. Kelas eksperimen pertama adalah kelas yang belajar dengan PBL berbantuan kombinasi real dan virtual laboratory, kelas eksperimen kedua adalah kelas yang belajar dengan PBL berbantuan virtual laboratory saja sedangkan kelas kontrol adalah kelas yang belajar dengan PBL berbantuan real laboratory saja. Pokok bahasan yang diteliti adalah listrik dinamis. Desain penelitian menggunakan posttest only control group design.

Populasi dalam penelitian ini adalah kelas X SMAN 1 Lumajang pada semester genap tahun ajaran 2013/2014 yang terdiri atas delapan kelas yaitu kelas X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7 dan X8 dengan jumlah 268 siswa. Sampel yang dibutuhkan sebanyak enam kelas (kelompok). Penelitian ini menggunakan metode cluster random sampling dengan mengundi semua kelas yang ada untuk dibagi menjadi kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Instrumen perlakuan meliputi Silabus, RPP, dan LKS dibuat dan dilakukan validasi oleh dua orang dosen. Penguasaan konsep siswa diukur dengan menggunakan instrumen tes yang berupa soal pilihan ganda sebanyak 20 soal. Keterampilan proses sains siswa diukur dengan menggunakan rubrik penilaian keterampilan proses sains yang terdiri dari 12 indikator. Kedua instrumen pengukuran sebelumnya telah divalidasi isi oleh dua orang dosen dan dilakukan uji coba untuk menentukan validitas dan reliabilitasnya. Tes penguasaan konsep dan keterampilan proses sains siswa diperoleh dari hasil posttes yang dilakukan setelah pokok bahasan listrik dinamis selesai.

Indikator keterampilan proses sains yang diukur antara lain menuliskan rumusan masalah, identifikasi besaran fisika, menuliskan hipotesis, merangkai alat percobaan, menentukan langkah percobaan, menggunakan alat percobaan, berkomunikasi atau berdiskusi, menuliskan data pengamatan, menuliskan hasil penghitungan data, menyajikan hasil percobaan, menuliskan analisis dan pembahasan, dan menyimpulkan. Keterampilan proses sains pada penelitian ini diambil melalui observasi saat proses pembelajaran berlangsung.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan multivariate of analysis of varians. Sebelum dilakukan pengujian hipotesis data dilakukan uji prasyarat, yaitu: uji normalitas, uji homogenitas varians, uji homogenitas varians-kovarians, dan uji korelasi. Setelah itu dilakukan uji lanjut menggunakan uji Scheff karena tiap kelas sampel memiliki jumlah yang berbeda.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Penelitian

a. Tabel Deskripsi Keterlaksanaan Pembelajaran

Selama proses pembelajaran berlangsung dilakukan observasi keterlaksanaan proses pembelajaran pada guru dan siswa untuk mengetahui gambaran aktivitas guru dan siswa baik pada kelas kontrol dan dua kelas eksperimen. Dalam prosesnya, baik guru maupun siswa melaksanakan proses pembelajaran dengan baik sehingga penguasaan konsep dan keterampilan proses sains siswa didapatkan dari proses pembelajaran yang dilakukan.

Proses pembelajaran menggunakan materi Hukum Ohm, Hambatan Seri-Paralel dan Hukum Kirchoff 1 di semua kelas. Pada pertemuan awal proses pembelajaran, guru sering lupa memberikan kesempatan bertanya kepada siswa. Pada kegiatan LKS, siswa juga banyak yang mengalami kesulitan dalam menuliskan hipotesis khususnya pada materi awal Hukum Ohm. Penulisan satuan pada tabel data percobaan juga masih sering lupa dituliskan oleh siswa. Grafik hubungan V-I sudah dapat digambarkan dengan benar oleh seluruh kelompok, akan tetapi banyak siswa yang masih bingung dalam memaknai hubungan hubungan kuat arus (I) dan tegangan (V) yang dituliskan pada kegiatan menyimpulkan pada LKS.

Pada pertemuan selanjutnya, yakni percobaan hambatan seri dan paralel serta Hukum Kirchoff 1, hampir seluruh siswa dalam kelompok sudah mulai memahami dalam menuliskan hipotesis dan guru sudah lancar melaksanakan proses pembelajaran karena sudah terbiasa dalam pertemuan sebelumnya. Pada kegiatan LKS, siswa bingung dalam menentukan variabel apa saja yang harus diukur untuk mendapatkan variasi data hambatan (R), kuat arus (I) dan beda potensial (V). Hal ini dapat dibimbing oleh guru sebelum melakukan percobaan sehingga siswa lebih memahami variabel apa saja yang akan diukur.

Percobaan menggunakan *real laboratory* (laboratorium nyata), antusiasme siswa lebih besar pada ketertarikan alat dan bahan yang nyata yang dapat membuat siswa lebih aktif. Proses kegiatan percobaan masih banyak kelompok siswa yang bingung dengan alat percobaan sendiri terutama pada percobaan hambatan seri dan paralel, hal itu membuat percobaan tidak akan selesai tepat waktu. Beberapa kelompok masih salah dalam menyusun rangkaian hambatan seri paralel. Hasil data pengukuran dipengaruhi oleh kevalidan alat ukur percobaan sehingga data percobaan bervariasi antar kelompok.

Percobaan menggunakan *virtual laboratory* (laboratorium virtual), alat percobaan sudah lebih praktis dan tersedia dengan menggunakan komputer atau laptop sehingga lebih efisien dalam penggunaan waktu. Menyusun rangkaian percobaan lebih mudah pada media virtual dan lebih aman untuk penggunaannya. Data percobaan mempunyai hasil yang sama pada semua kelompok. Akan tetapi jika ditinjau dari menggunakan alat percobaan, tidak semua siswa dalam kelompok berperan aktif dikarenakan pengukuran pada kegiatan *virtual lab* bisa dilakukan sendiri oleh satu siswa.

Tabel 1. Persentase Keterlaksanaan Pembelajaran

Kelas	Materi				Rata-rata	
	Hukum Ohm		Hambatan Seri-Paralel dan Hukum Kirchoff 1		G	S
	G	S	G	S		
K	94,05	92,26	94,64	93,45	94,35	92,86
EA	93,45	91,67	94,05	93,45	93,75	92,56
EB	94,62	93,55	95,7	95,16	95,16	94,36

Keterangan :

K : kelas kontrol (PBL dengan Real Lab)

EA : kelas eksperimen A (PBL dengan Virtual Lab)

EB : kelas eksperimen B (PBL kombinasi Real Lab dan Virtual Lab)

G : Guru

S : Siswa

Kegiatan pembelajaran dari kombinasi percobaan *real laboratory* dan *virtual laboratory*, menutupi kekurangan dari percobaan nyata dan virtual baik dari alat pengukuran data, hasil data percobaan dan keaktifan kelompok dalam berdiskusi. Hasil data percobaan lebih mudah dipahami jika membandingkan kedua percobaan *real* dan *virtual*. Kebutuhan waktu pada kegiatan percobaan menggunakan kombinasi *real lab* dan *virtual lab* juga banyak dikarenakan ada tambahan dari kegiatan *virtual lab* setelah menggunakan *real lab* sebagai pemantapan teori. Hal ini bertujuan agar siswa lebih memahami konsep yang dipelajari secara utuh dan meningkatkan aktivitas belajar siswa.

Secara keseluruhan, siswa dan guru dalam pembelajaran problem based learning menggunakan *real laboratory*, *virtual laboratory* dan kolaborasi *real-virtual laboratory* menunjukkan pemahaman proses pembelajaran pada tiap materi yang dibelajarkan. Hal ini membuat keterlaksanaan

pembelajaran menjadi membaik. Adapun persentase keterlaksanaan pembelajaran secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 1.

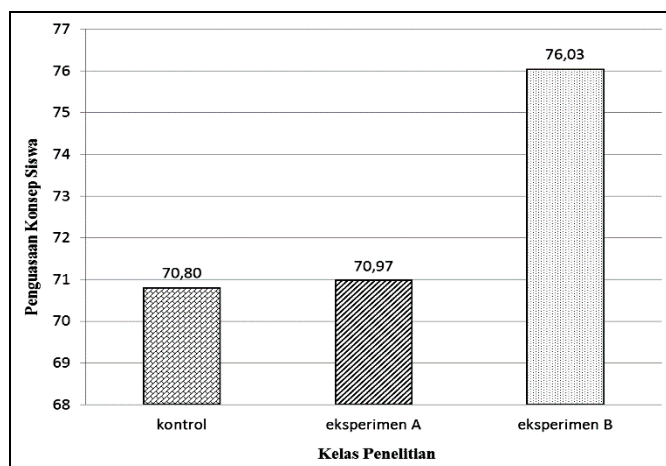
b. Data Penguasaan Konsep Fisika dan Keterampilan Proses Sains Siswa

Data penguasaan konsep diperoleh melalui posttest menggunakan instrument tes penguasaan konsep fisika berupa pilihan ganda. Adapun deskripsi penguasaan konsep yang diperoleh siswa berdasarkan instrumen penguasaan konsep setelah selesai perlakuan pembelajaran dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa rata-rata nilai penguasaan konsep siswa pada kelas eksperimen B (PBL berbantuan kombinasi *real* dan *virtual*) lebih tinggi dibandingkan dengan kelas eksperimen A (PBL berbantuan *virtual*) dan kelas kontrol (PBL berbantuan *real*). Sedangkan nilai penguasaan konsep pada kelas kontrol dan eksperimen A (PBL dengan *virtual lab*) mempunyai rata-rata hampir sama. Adapun nilai penguasaan konsep siswa ini dapat ditampilkan dalam bentuk diagram yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 2. Deskripsi Data Penguasaan Konsep Fisika Siswa

	N	Mean	Std. Deviation
Kontrol	69	70.80	12.24
Eksperimen A	67	70.97	9.97
Eksperimen B	68	76.03	9.94



Gambar 1. Diagram Rata-Rata Penguasaan Konsep Siswa (▨ = kelas kontrol, PBL berbantuan *real Laboratory*; ▩ = kelas eksperimen A, PBL berbantuan *virtual laboratory*; ▤ = kelas eksperimen B, PBL berbantuan kombinasi *real* dan *virtual laboratory*)

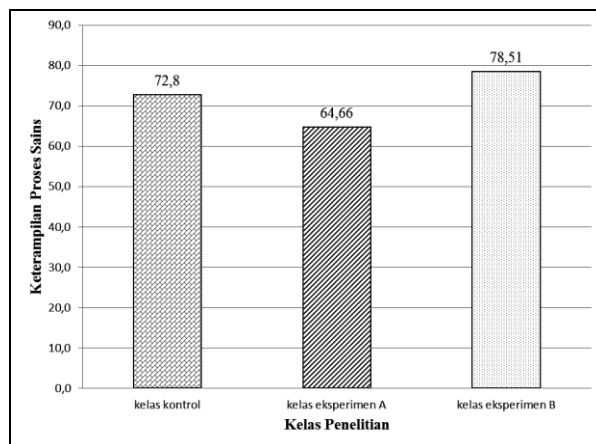
Tabel 3. Deskripsi Data Keterampilan Proses Sains

	N	Mean	Std. Deviation
Kontrol	69	72.80	9.94
Eksperimen A	67	64.66	7.47
Eksperimen B	68	78.51	7.98

Data keterampilan proses sains siswa diukur menggunakan instrumen lembar observasi indikator yang mengacu pada rubrik penilaian indikator keterampilan proses sains. Adapun deskripsi keterampilan proses sains yang diperoleh selama proses pembelajaran berlangsung dapat dilihat pada Tabel 3.

Pada Tabel 3 diperoleh rata-rata keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen B (PBL berbantuan kombinasi *real* dan *virtual*) lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (PBL dengan

real lab) dan kelas eksperimen A (PBL dengan virtual lab). Adapun nilai keterampilan proses sains ini dapat ditampilkan dalam bentuk diagram yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram Nilai Rata-Rata Keterampilan Proses Sains Siswa (▨ = kelas kontrol, PBL berbantuan *real laboratory*; ▩ = kelas eksperimen A, PBL berbantuan *virtual laboratory*; ▧ = kelas eksperimen B, PBL berbantuan kombinasi *real* dan *virtual laboratory*)

Tabel 4. Kenaikan Nilai Rata-Rata Keterampilan Proses Sains Pada Setiap Materi

Kelas	Materi	
	Hukum Ohm	Hambatan seri-paralel dan Hukum Kirchoff 1
Kontrol (PBL dengan <i>real lab</i>)	68,01	77,70
Eksperimen A (PBL dengan <i>virtual lab</i>)	61,97	66,96
Eksperimen B (PBL dengan kombinasi <i>real lab</i> dan <i>virtual lab</i>)	75,49	81,57

Tabel 5 Nilai Rata-Rata Keterampilan Proses Sains Pada Tiap Indikator

Indikator Keterampilan Proses Sains	Kelas		
	Kontrol (PBL dengan <i>real lab</i>)	Eksperimen A (PBL dengan <i>virtual lab</i>)	Eksperimen B (PBL dengan kombinasi <i>real lab</i> dan <i>virtual lab</i>)
Menuliskan rumusan masalah	72,46	74,38	75,25
Mengidentifikasi besaran fisika	74,4	75,87	77,21
Menuliskan hipotesis	70,05	72,89	72,79
Merangkai alat percobaan	76,09	0	81,86
Menentukan prosedur/langkah percobaan	75,36	67,91	76,72
Menggunakan alat percobaan	78,02	0	81,86
Berkomunikasi / berdiskusi	76,81	69,4	82,11
Menuliskan data pengamatan	68,12	75,12	82,6
Menuliskan hasil penghitungan data	71,98	78,86	82,84
Menyajikan hasil data	70,53	75,12	77,94
Menuliskan analisis data/pembahasan	70,05	74,13	79,66
Menyimpulkan	70,05	76,12	71,32

Berdasarkan setiap materi diperoleh bahwa nilai rata-rata keterampilan proses sains siswa mengalami kenaikan. Kenaikan nilai rata-rata keterampilan proses sains untuk setiap materi dapat dilihat Tabel 4.

Data keterampilan proses sains pada setiap kelas penelitian juga mempunyai rata-rata nilai tiap indikator. Nilai rata-rata tiap indikator dalam kelas kontrol, kelas eksperimen A dan kelas eksperimen B dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan bahwa terdapat indikator keterampilan proses sains yang mempunyai nilai rata-rata nol yaitu pada kelas eksperimen A (PBL berbantuan virtual laboratory). Indikator tersebut antara lain merangkai alat percobaan dan menggunakan alat. Hal ini dikarenakan pada eksperimen virtual siswa tidak merangkai alat dan bahan, tidak melakukan pengukuran melainkan berinteraksi dengan layar komputer atau laptop untuk merangkai alat dan bahan pada visual sehingga tidak muncul keterampilan secara psikomotorik pada siswa.

Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, kedua data tersebut dilakukan uji prasyarat seperti uji normalitas, uji homogenitas varians, uji homogenitas varians-kovarians, dan uji korelasi. Hasil uji normalitas yang dilakukan dengan uji liliefors mendapatkan untuk penguasaan konsep dan keterampilan proses sains pada kelas eksperimen dan kontrol data terdistribusi normal. Data bersifat homogen saat diuji sendiri-sendiri dan homogen saat diuji bersama-sama. Kedua variabel juga memiliki hubungan korelasi.

Kedua data penguasaan konsep dan keterampilan proses sains setelah dilakukan uji prasyarat didapatkan hasil bahwa data akan dilakukan analisis secara parametrik. Analisis parametrik untuk pengujian hipotesis dilakukan dengan menggunakan uji manova dengan uji lanjut uji Scheff. Hasil pengujian uji beda manova pada penguasaan konsep diperoleh nilai Fhitung adalah 5,17 dengan Ftabel adalah 3,04. Sedangkan uji manova pada keterampilan proses sains diperoleh Fhitung adalah 45,06 dengan Ftabel adalah 3,04. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tiap kelas sampel terhadap penguasaan konsep dan keterampilan proses sains dengan nilai Fhitung > Ftabel sehingga dilanjutkan dengan uji hipotesis pertama dan kedua.

Hipotesis pertama dan kedua dilakukan pengujian dengan uji Scheff. Hasil pengujian uji Scheff untuk hipotesis pertama yaitu penguasaan konsep siswa disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Scheffe Penguasaan Konsep

Scheffe				
Dependent Variable	KELAS	KELAS	Mean Difference	Sig.
Penguasaan Konsep (PK)	Kontrol	Eksperimen A	-.1730	.996
		Eksperimen B	-5.2323	.019
	Eksperimen A	Kontrol	.1730	.996
		Eksperimen B	-5.0593	.026
	Eksperimen B	Kontrol	5.2323	.019
		Eksperimen A	5.0593	.026

Berdasarkan Tabel 6 diketahui bahwa nilai kelas eksperimen B (PBL berbantuan kombinasi *real* dan *virtual laboratory*) dengan nilai *p value* pada Sig. sebesar 0,019 terhadap kelas kontrol (PBL berbantuan *real laboratory*) dan pada Sig. sebesar 0,026 terhadap kelas eksperimen A (PBL berbantuan *virtual laboratory*). Hasil ini menunjukkan nilai signifikansi < 0,05 yang berarti H0 ditolak dan H1. Hal ini berarti penguasaan konsep pada kelas PBL kombinasi *real* dan *virtual* lebih tinggi daripada kelas PBL berbantuan *real lab* saja dan PBL berbantuan *virtual lab* saja.

Hasil pengujian hipotesis kedua yaitu keterampilan proses sains siswa dapat disajikan pada Tabel 7. Berdasarkan Tabel 7 diketahui bahwa nilai kelas eksperimen B (PBL berbantuan kombinasi *real* dan *virtual laboratory*) dengan nilai *p value* pada Sig. sebesar 0,001 terhadap kelas kontrol (PBL berbantuan *real laboratory*) dan pada Sig. sebesar 0,000 terhadap kelas eksperimen A (PBL berbantuan *virtual laboratory*). Hasil ini menunjukkan nilai signifikansi < 0,05 yang berarti H0 ditolak dan H1. Hal ini berarti keterampilan proses sains pada kelas PBL kombinasi *real* dan *virtual* lebih tinggi daripada kelas PBL berbantuan *real lab* saja dan PBL berbantuan *virtual lab* saja.

Tabel 7. Hasil Uji Scheffe Keterampilan Proses Sains Siswa

Scheffe				
Dependent Variable	KELAS	KELAS	Mean Difference	Sig.
Keterampilan Proses Sains (KPS)	Kontrol	Eksperimen A	-.5194	.000
		Eksperimen B	-5.6456	.001
	Eksperimen A	Kontrol	.5194	.000
		Eksperimen B	-5.1262	.000
	Eksperimen B	Kontrol	5.6456	.001
		Eksperimen A	5.1262	.000

2. Pembahasan

Hasil penelitian menandakan bahwa PBL berbantuan kombinasi *real* dan *virtual laboratory* mampu memberikan dampak yang positif. Hipotesis pertama menunjukkan penguasaan konsep siswa yang belajar dengan PBL kombinasi *real* dan *virtual* lebih tinggi daripada kelas PBL berbantuan *real lab* saja dan PBL berbantuan *virtual lab* saja yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 6. Hal ini sesuai dengan apa yang telah diungkapkan Zacharia (2007), Saepuzaman (2011) dan Smith (2010) bahwa pembelajaran dengan kombinasi *real* dan *virtual lab* memberikan hasil yang positif dalam peningkatan potensial siswa dalam memahami konsep pelajaran.

Penguasaan konsep yang lebih baik dari kelas kombinasi *real* dan *virtual lab* disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut antara lain a). Pengulangan eksperimen secara *real* dan *virtual* membuat siswa menerima informasi dua kali sebagai konsep dasar pada eksperimen *real* dan sebagai penguatan pada eksperimen *virtual*, b). Cara belajar siswa dengan kombinasi *real* dan *virtual* mampu memberikan kemudahan untuk memodifikasi berbagai jenis kesalahan pengukuran dalam percobaan *real* melalui *virtual* sehingga siswa mudah memperbaiki konsep yang dibangun sendiri, c). Secara kognitif, kombinasi *real* dan *virtual* memiliki tahap perkembangan *concrete operational* (objek yang konkret) dan *formal operational* (objek abstrak) yang secara tidak langsung berperan sebagai konsep dasar berdasarkan fenomena nyata dan penguatan teoritis, d). Kombinasi *real* dan *virtual* memiliki waktu yang lebih lama pada proses pembelajaran sehingga siswa diberikan kesempatan untuk mengulang eksperimen yang dilakukan secara mendalam.

Pengulangan eksperimen yang dilakukan siswa membuat siswa memperoleh data yang berbeda pada pengamatan dan pengukuran secara nyata (*real*) dan *virtual*. Perbandingan data pengamatan dan pengukuran kedua eksperimen tersebut membuat siswa menerima informasi dua kali sebagai konsep dasar pada eksperimen *real* dan sebagai penguatan pada eksperimen *virtual*. Hasil eksperimen *real* dan *virtual* disajikan pada tahap penyajian data dan evaluasi pada PBL sebagai pengetahuan untuk membangun konsep yang dipelajari. Hal ini didukung oleh penelitian Saepuzaman (2011) yang diperoleh hasil kelas kombinasi mempunyai penguasaan konsep yang lebih baik dibandingkan kelas *real* dan *virtual* saja pada saat dilakukan pembelajaran inkuiri yang membuktikan dengan rata-rata posttest kelas kombinasi adalah 75,1 diatas kelas *real* dan *virtual* yaitu 48,13 dan 53,85. Hasil tersebut berpengaruh terhadap pengulangan eksperimen yang memotivasi siswa untuk mengembangkan semua daya yang ada pada diri siswa, yaitu mengamati, menanggapi, mengingat dan berpikir (Saepuzaman, 2011).

Cara belajar siswa dengan kombinasi *real* dan *virtual laboratory* juga memberikan kemudahan dalam menerima informasi yang diinginkan. Proses *real* tersebut mampu dilakukan saat pengukuran dilakukan dengan berbagai kesalahan sehingga eksperimen *virtual* digunakan dalam konteks memperkuat hasil secara teoritis. Dengan kata lain, siswa mampu memahami bahwa eksperimen *virtual* dapat membantu memberikan kemudahan untuk menampilkan eksperimen secara fisik sehingga menghilangkan berbagai jenis kesalahan pengukuran dalam percobaan *real*. Hal ini membuat siswa lebih mudah untuk memperbaiki konsep yang dibangun sendiri sehingga mengurangi miskonsepsi yang diterima oleh siswa. Hasil ini didukung penelitian lain yang menunjukkan kombinasi *real* dan *virtual* dengan pembelajaran ECIRR dapat mengurangi miskonsepsi siswa dengan hasil yang posttest 22,04% miskonsepsi lebih kecil dibandingkan pretest 41,81% (Hamdani, 2013).

Hasil perkembangan kognitif siswa pada pembelajaran eksperimen kombinasi *real* dan *virtual* diperoleh tahapan *concrete operational* dan dilanjutkan tahap *formal operational*. Tahap *concrete*

operational ditandai dengan kemampuan siswa dalam mengoperasikan kaidah-kaidah logika terkait objek yang konkret seperti mengukur besarnya arus listrik, mengamati nyala lampu dan mengukur besarnya arus tiap cabang rangkaian seri, paralel dan gabungan. Tahap formal operation ditandai dengan kemampuan siswa dalam mengoperasikan kaidah-kaidah logika yang tidak lagi konkret melainkan bersifat abstrak seperti melihat arah dan kecepatan arus listrik ketika sumber tegangan diubah-ubah, mengamati nyala lampu, dan melihat arah arus listrik ketika melewati tiap cabang pada rangkaian. Dua tahap ini secara langsung maupun tidak langsung berperan sebagai penguatan dari konsep dasar secara fisik pada proses kombinasi *real* dan *virtual* sehingga dapat meningkatkan pemahaman konsep yang dibangun sendiri oleh siswa.

Hipotesis kedua menunjukkan keterampilan proses sains siswa yang belajar dengan PBL kombinasi *real* dan *virtual* lebih tinggi daripada kelas PBL berbantuan *real* lab saja dan PBL berbantuan *virtual lab* saja yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 7. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang membuktikan bahwa kombinasi antara kegiatan laboratorium nyata (*real laboratory*) dan *virtual laboratory* lebih baik dalam mengembangkan keterampilan proses sains siswa (Saepuzaman, 2011).

Keterampilan proses sains yang lebih baik dari kelas kombinasi *real* dan *virtual* lab disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut antara lain a). Adanya kelemahan dan kelebihan pada eksperimen *real* dan *virtual* ketika diajarkan secara kombinasi keduanya dapat saling melengkapi, b). Adanya pengulangan pada kelompok kelas kombinasi laboratorium nyata (*real*) dan *virtual* membuat siswa secara otomatis menyebabkan keterampilan proses sains sering dilatihkan.

Dilihat dari kelemahan dan kelebihan pada eksperimen *real* dan *virtual* dapat memberikan dampak yang positif pada perkembangan keterampilan siswa. Siswa dengan eksperimen *real* secara langsung menggunakan alat ukur multimeter untuk mengukur arus listrik dan beda potensial. Sedangkan pada eksperimen *virtual* tidak dapat menggunakan alat ukur secara langsung akan tetapi mendapatkan data dengan melihat nilai besarnya arus listrik dan beda potensial pada hasil simulasi dan arah arus listrik yang mengalir melewati rangkaian (Zacharia, 2007). Kegiatan *real* dan *virtual* sangat membantu siswa dalam mengidentifikasi besar arus listrik dan beda potensial pada rangkaian majemuk melalui pengukuran, observasi nyala lampu dan pergerakan elektron (Hamdani, 2013). Hal ini membuktikan bahwa eksperimen *real* lebih berfungsi sebagai pembelajaran yang melibatkan psikomotorik (*hands on*) dan eksperimen *virtual* lebih berfungsi sebagai pembelajaran ke arah kognitif sehingga secara praktis pembelajaran kombinasi *real* dan *virtual* dapat mengembangkan ranah secara kognitif, psikomotorik dan afektif siswa (Saepuzaman, 2011).

Pengulangan pada kegiatan kombinasi eksperimen *real* dan *virtual* secara otomatis menyebabkan keterampilan proses sains siswa sering dilatihkan. Beberapa indikator keterampilan proses sains seperti berdiskusi dan berkomunikasi, menuliskan data pengamatan dan menuliskan hasil penghitungan data akan lebih dipahami jika dilakukan secara berulang. Hasil ini membuat siswa lebih banyak mengeksplorasi informasi yang terjadi pada kombinasi *real* dan *virtual* dengan kata lain siswa akan lebih paham tentang bagaimana kesimpulan yang diambil pada hasil eksperimen. Hal ini juga dilaporkan oleh Hamdani (2013) yang menunjukkan kombinasi *real* dan *virtual* membantu dalam subkonsep listrik tentang Hukum Ohm, rangkaian majemuk seri dan paralel, serta Hukum Kirchoff 1. Secara garis besar bahwa kegiatan pengulangan pada kombinasi eksperimen *real* dan *virtual* akan menjadikan penguatan informasi bagi siswa sehingga meyakinkan siswa untuk mencapai kesimpulan (Zacharia, 2007).

Tabel 5 menunjukkan bahwa terdapat 2 indikator yang tidak dapat diukur secara fisik (*hands on*) pada eksperimen *virtual*. Indikator tersebut adalah merangkai alat dan bahan serta melakukan pengukuran. Hal ini disebabkan karena siswa tidak secara langsung berhubungan dengan alat dan bahan eksperimen melainkan dilakukan dalam bentuk simulasi *virtual* pada media komputer ataupun laptop sehingga tidak muncul indikator dalam merangkai alat eksperimen dan melakukan pengukuran. Tidak adanya kegiatan merangkai alat dan pengukuran memberikan dampak yang pasif pada komunikasi dan diskusi siswa pada kelompok karena merangkai dan melakukan pengukuran data eksperimen dapat dilakukan secara individu dan sebagian siswa hanya melihat saja tanpa adanya partisipasi dalam melakukan pengukuran dan merangkai alat dan bahan. Eksperimen *virtual* dilakukan ketika siswa ingin membuktikan secara singkat teori yang ingin di pelajari tanpa mengkaitkan dengan objek secara fisik (Baser, 2010).

Lain halnya dengan eksperimen real yang membantu siswa dalam merangkai alat dan bahan eksperimen, mengenali dan menggunakan alat ukur pada saat eksperimen sehingga siswa akan lebih aktif berinteraksi dan berdiskusi antar siswa saat melakukan kegiatan eksperimen (Hamida, 2013). Hal dibuktikan dengan hasil penelitian Hamida (2013) pada analisis prestasi afektif $F_{hitung}(7,77) > F_{tabel}(3,96)$ sehingga disimpulkan kelas *real* lebih baik dibandingkan kelas *virtual*. Keaktifan siswa saat berdiskusi ketika siswa memulai untuk merangkai alat dan bahan. Sebagian siswa memberikan idenya untuk merancang rangkaian dan sebagian mempersiapkan alat dan bahan eksperimen sehingga perlu terjalannya komunikasi yang baik antar siswa dalam kelompok agar memperoleh hasil yang cepat dan tepat dalam rangkaian eksperimen. Keaktifan siswa dalam kegiatan eksperimen dapat membuat siswa lebih teliti dalam proses mengumpulkan data (Etkina,dkk, 2006).

Secara garis besar, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penguasaan konsep dan keterampilan proses sains siswa saling berpengaruh antara keduanya. Hal ini sejalan dengan apa yang ditemukan oleh Subagyo (2009) yang melaporkan hasil persentase rata-rata keterampilan siswa pada percobaan 1 dan 2 adalah 54% dan 76% serta diikuti rata-rata pemahaman konsep pretest dan posttest yaitu 51% dan 61,73%. Hasil ini menunjukkan pembelajaran yang dilaksanakan dengan pendekatan keterampilan proses sains akan mendukung meningkatnya penguasaan konsep yang diperoleh siswa. Siswa yang mempunyai keterampilan proses sains lebih baik akan mampu membangun konsep yang dipelajarinya. Keterlibatan siswa untuk belajar khususnya melalui laboratorium *real* memungkinkan siswa menemukan prinsip mereka sendiri untuk memperoleh pengetahuannya (Chini, 2012).

D. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan penelitian ini adalah terdapat pengaruh positif yang signifikan dari pembelajaran problem based learning (PBL) berbantuan kombinasi *real laboratory* dan *virtual laboratory*, PBL berbantuan *real laboratory* dan PBL berbantuan *virtual laboratory* terhadap penguasaan konsep dan keterampilan proses sains siswa. Siswa yang belajar dengan PBL berbantuan kombinasi *real laboratory* dan *virtual laboratory* memperoleh penguasaan konsep lebih tinggi daripada siswa yang belajar dengan PBL berbantuan *real laboratory* saja dan PBL berbantuan *virtual laboratory* saja. Siswa yang belajar dengan PBL berbantuan kombinasi *real laboratory* dan *virtual laboratory* memperoleh keterampilan proses sains lebih baik daripada siswa yang belajar dengan PBL berbantuan *real laboratory* saja dan PBL berbantuan *virtual laboratory* saja.

Bagi peneliti lain yang ingin melakukan penelitian lanjutan perlu mengukur keterampilan proses sains pada keseluruhan pembelajaran, baik pada proses observasi maupun pada tes akhir pembelajaran. Saran berikutnya bagi peneliti lain hendaknya mengukur indikator keterampilan proses sains yang mencakup pembelajaran eksperimen *real* maupun *virtual* sehingga muncul keseluruhan indikator yang diukur baik secara *real* maupun *virtual*. Saran ini peneliti berikan karena peneliti tidak mengukur keterampilan proses sains siswa pada tes akhir pembelajaran melainkan hanya pada proses pembelajaran saja serta terjadi indikator yang tidak dapat diukur terutama aspek psikomotorik pada eksperimen *virtual* sehingga mempengaruhi rata-rata keterampilan proses sains siswa kelas penelitian.

Daftar Rujukan

- [1] Amalia, R. (2012), Analisis Tingkat Pemahaman Konsep Fisika dan Kemampuan Berfikir Kritis Siswa pada Pembelajaran dengan Model Creative Problem Solving (CPS), *Jurnal Penelitian Inovasi Pembelajaran Fisika*, 4(2): 8-13.
- [2] Arends, R (2013), *Belajar untuk Mengajar (Learning to Teach)*. Jakarta: The Mc Graw-Hill Education (Asia) dan Salemba Empat.
- [3] Balim, A. G. (2009), The Effects of Discovery Learning on Students' Success and Inquiry Learning Skills, *Egitim Arastirmalari-Eurasian Journal of Educational Research*, 35: 1 20
- [4] Baser, M., & Durmus, S. (2010), The Effectiveness Of Computer Supported Versus Real Laboratory Inquiry Learning Environments On The Understanding Of Direct Current Electricity Among Pre-Service Elementary School Teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6(1): 47-61. ISSN: 1305-8223.
- [5] Chini, J., Madsen, A., Gire, E., Rebello, N.S., & Puntambekar, S, (2012) Exploration Of Factors That Affect The Comparative Effectiveness Of Physical And Virtual Manipulatives In An

- Undergraduate Laboratory, *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(1): 1-12.
- [6] Departemen Pendidikan Nasional. (2003), Kurikulum 2004: Standar Kompetensi Mata Pelajaran Fisika, Jakarta: Pusat Kurikulum, Balitbang.
- [7] Downing, K.(2010) Problem-based learning and Metacognition, *Asian Journal on Education and Learning*, 1(2): 75-96.
- [8] Engelhardt, P., & Beichner, R (2004), Students Understanding Of Direct Current Resistive Electrical Circuits, *American Journal of Physics*, 72(1): 98-115.
- [9] Etkina, E. (2006), Scientific Abilities and Their Assessment, *Physics Education Research*, 2(15): 020103-1-15.
- [10] Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., et al. (2005), When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 1(010103): 1-8.
- [11] Hamdani, (2013), *Penerapan Model ECIRR (Elicit- Confront-Identify-Resolve-Reinforce) menggunakan Kombinasi Real Laboratory dan Virtual Laboratory untuk Mereduksi Miskonsepsi dan Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Mahasiswa Tentang Konsep-Konsep Rangkaian Listrik*, Tesis tidak diterbitkan, Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- [12] Hamida, N., Mulyani, B., & Utami, B, (2013), Studi Komparasi Penggunaan Laboratorium Virtual Dan Laboratorium Riil Dalam Pembelajaran *Student Teams Achievement Division (STAD)* Terhadap Prestasi Belajar Ditinjau Dari Kreativitas Siswa Pada Materi Pokok Sistem Koloid Kelas XI Semester Genap SMA Negeri 1 Banyudono Tahun Pelajaran 2011/2012. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 2(2): 7-15. ISSN: 2337-9995.
- [13] Karagoz, O., & Ozdener, N, (2010), Evaluation of The Usability of Different Virtual Lab Software Used in Physics Courses. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy*. 4 (2): 216-235.
- [14] Kucukozer, H., & Kocakulah, S, (2007), Secondary Scholl Students' Misconception about Simple Electric Circuits. *Journal of Turkish Science Education*, 1(4): 101-115.
- [15] Mursalin (2013), Model Remediasi Miskonsepsi Materi Rangkaian Listrik dengan Pendekatan Simulasi PhET. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 9 (2013): 1-7.
- [16] Mweene, V., Mumba, F., Mbewe, S. (2012), How Pre-Service Teachers' Understand And Perform Science Process Skill. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*. 8(3), 167-176.
- [17] Oral, I., Bozkurt, E., & Guzel, H. (2009), The Effect of Combining Real Experimentation With Virtual Experimentation on Student's Success, *World Academy of Science, Engineering and Technology*. (54).
- [18] Permendikbud (2013), Implementasi Kurikulum (Salinan), Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- [19] Prihatiningtyas, S., Prastowo, T., & Jatmiko, B. (2013), Implementasi Simulasi PhET dan Kit Sederhana Untuk Mengajarkan Keterampilan Psikomotor Siswa Pada Pokok Bahasan Alat Optik. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 2 (1): 18-22.
- [20] Saepuzaman, D. (2011), Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri dengan Kombinasi Eksperimen Nyata-Virtual Pada Materi Rangkaian Listrik Arus Searah Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Keterampilan Proses Sains Siswa SMA, *Tesis SPs UPI Bandung: Tidak diterbitkan*.
- [21] Sarwi, & Khanafiyah, S. (2010), Pengembangan Keterampilan Kerja Ilmiah Mahasiswa Calon Guru Fisika Melalui Eksperimen Gelombang Open-Inquiry, *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 6: 115-122. ISSN: 1693-1246.
- [22] Setyorini, U., Sukiswo, S., & Subali, B. (2011), Penerapan Model Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP, *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. 7: 52-56. ISSN: 1693-1246.
- [23] Smith, G. W., & Puntambekar, S. (2010), Examining The Combination Of Physical And Virtual Experiments In A Inquiry Science Classroom. *University of Winconsin. Madison. USA: Compass Research*.(online): http://www.compasswiki.org/images/1/17/C16_Smith.pdf.

- [24] Subagyo, Y., Wiyanto, P., & Marwoto. (2009), Pembelajaran Dengan Pendekatan Keterampilan Proses Sains Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Suhu dan Pemuaian. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 5: 42-46. ISSN: 1693-1246.
- [25] Sujarwata. (2009), Peningkatan Hasil Belajar Elektronika Dasar II Melalui Penerapan Model Pembelajaran Problem Solving Laboratory, *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 5(1): 37-41.
- [26] Tuysuz, C. (2010), The Effect of the Virtual Laboratory on Students' Achievement and Attitude in Chemistry. *International Online Journal of Educational Sciences*, 2 (1): 37-53
- [27] Wilhelm, J., Thacker, B., & Wilhelm, R. (2007), Creating Constructivist Physics for Introductory University Classes. *Electronic Journal of Science Education*, 11(2): 19-37.
- [28] Yadav, A., Subedi, D., Lundeberg, M., & Bunting, C. (2011), Problem Based-Learning: Influence on Students' Learning in an Electrical Engineering Course. *Journal Of Engineering Education*. 100(2): 253-280.
- [29] Yokhebed, Sudarisman, S., & Sunarno, W, (2012), Pembelajaran Biologi Menggunakan Model Pembelajaran Berbasis Masalah dengan Pendekatan Keterampilan Proses Sains untuk Meningkatkan Motivasi Belajar dan Hasil Belajar. *Jurnal Inkuiri*, 1(3): 183-194. ISSN: 2252-7893.
- [30] Zacharia, Z. C. (2007), Comparing And Combining Real And Virtual Experimentation: An Effort To Enhance Students' conceptual Understanding Of Electric Circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*. 23: 120-132.
- [31] Zollman, D. A., Rebello, N. S., & Hogg, K, (2002), Quantum mechanics for everyone: Hands-on activities integrated with technology, *American Journal of Physics*, 70(3): 252-259.