

Naskah diterima: 20 Juli 2017
Naskah direvisi: 19 November 2017
Naskah diterbitkan: 30 Desember 2017
DOI: doi.org/10.21009/1.03203

***Problem Solving-Based Experiment* untuk Meningkatkan Keterampilan Penalaran Ilmiah Mahasiswa Fisika**

Muhamad Gina Nugraha^{1,a)}, Kartika Hajar Kirana^{2,b)}, Setiya Utari^{1,c)},
Nia Kurniasih^{1,d)}, Nurdini^{1,e)}, Fitri Nurul Sholihat^{1,f)}

¹Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA UPI, Jl. Dr. Setiabudhi No.229, Bandung 40154

²Departemen Geofisika FMIPA UNPAD, Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor 45363

Email: ^{a)}muhamadginanugraha@upi.edu, ^{b)}kartika@geophys.unpad.ac.id,
^{c)}setiyautari@upi.edu, ^{d)}nikur451@student.upi.edu, ^{e)}nurdini1996@student.upi.edu,
^{f)}fitrinurulsholihat@gmail.com

Abstract

As one of the foundations in the development of technology, physics must be supported by experimental activities that are able to develop a scientist's skills, such as scientific reasoning skills. Experiments with cookbook methods that have been conducted in various experimental activities are considered not able to maximize the potential of students because it does not provide wide opportunities for students to explore. One of the solutions to develop the scientific reasoning skills of physics students is the problem solving-based experiment approach. The research was conducted by one group pretest-posttest design to 20 physics students as research sample. The research instrument used is the scientific reasoning instrument test developed by Lawson which is known as Lawson Classroom Test of Scientific Reasoning (LCTSR) and student work sheet instrument (LKM) containing problems in daily life and questions about: tools and materials, prediction, exploration, measurement, analysis and conclusions. The results show all aspects of scientific reasoning being measured, i.e. 1) conservation of matter and volume, 2) proportional thinking, 3) identification and control of variables, 4) probabilistic thinking, 5) correlative thinking, and 6) hypothetic-deductive thinking has increased. Based on the result of research can be concluded that the problem solving-based experiment can improve the scientific reasoning skills of physics students.

Keywords: Problem solving, experiment, scientific reasoning skills

Abstrak

Fisika sebagai salah satu pondasi ilmu dalam perkembangan teknologi harus didukung dengan kegiatan eksperimen yang mampu menumbuhkembangkan keterampilan seorang ilmuwan, diantaranya keterampilan penalaran ilmiah dalam menyikapi fenomena alam. Eksperimen dengan metode *cookbook* yang selama ini menjamur dalam berbagai kegiatan eksperimen dipandang tidak mampu memaksimalkan potensi mahasiswa karena tidak memberikan kesempatan yang luas kepada mahasiswa untuk bereksplorasi. Salah satu solusi yang dapat menumbuhkembangkan keterampilan penalaran ilmiah mahasiswa fisika dalam bereksperimen ialah pendekatan *problem solving-based experiment*. Penelitian dilakukan dengan desain *one group pretest-posttest design* kepada 20 mahasiswa fisika sebagai sampel penelitian. Instrumen penelitian yang digunakan ialah instrumen tes penalaran ilmiah yang dikembangkan oleh Lawson yang dikenal dengan nama *Lawson Classroom Test of Scientific Reasoning* (LCTSR) dan instrumen lembar kerja mahasiswa (LKM) berisi permasalahan dalam kehidupan sehari-

hari dan pertanyaan arahan mengenai: alat dan bahan, prediksi, eksplorasi, pengukuran, analisis dan kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan semua aspek penalaran ilmiah yang diukur, yaitu 1) kemampuan konservasi materi dan volume, 2) berpikir proporsional, 3) identifikasi dan kontrol variabel, 4) berpikir probabilistik, 5) berpikir korelatif, dan 6) berpikir hipotetik-deduktif mengalami peningkatan, sehingga dapat disimpulkan bahwa *problem solving-based experiment* mampu meningkatkan keterampilan penalaran ilmiah mahasiswa fisika.

Kata-kata Kunci: *problem solving*, eksperimen, penalaran ilmiah

PENDAHULUAN

Fisika sebagai salah satu pondasi ilmu dalam perkembangan teknologi, harus didukung dengan kegiatan pembelajaran yang dapat memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menemukan dan mengaplikasikan pengetahuan yang diperolehnya. Hal ini sejalan dengan hakikat Fisika sebagai bagian dari ilmu pengetahuan Alam yang menghendaki peserta didik mendapatkan pengalaman penemuan sebagaimana para ilmuwan menemukan teori, konsep dan hukum-hukum (Nugraha 2016; Amien 1987). Upaya untuk menumbuhkembangkan keterampilan mahasiswa sebagai seorang calon ilmuwan dapat dilakukan melalui kegiatan eksperimen, karena dalam kegiatan eksperimen dapat melatih mahasiswa dalam cara berpikir dan cara bekerja (Subiyanto 1998). Dalam kegiatan eksperimen, mahasiswa dilibatkan secara aktif dalam suatu proses, mengamati suatu objek, menganalisis, membuktikan, dan menarik kesimpulan sendiri tentang suatu objek, keadaan atau proses tertentu (Nugraha 2015). Kegiatan eksperimen dapat dilakukan untuk memfasilitasi mahasiswa dalam memverifikasi pengetahuan yang sudah diperoleh dalam perkuliahan atau sebagai sarana penelitian bagi mahasiswa untuk menemukan hal-hal baru. Dengan kegiatan eksperimen, mahasiswa mendapatkan kesempatan lebih banyak untuk melatih dan mengembangkan berbagai keterampilan, di antaranya keterampilan bernalar ilmiah (*scientific reasoning*).

Penalaran ilmiah (*scientific reasoning*) dapat diartikan sebagai kemampuan berpikir sistematis dan logis untuk menyelesaikan masalah dengan menggunakan metode ilmiah, meliputi proses mengevaluasi fakta, membuat prediksi dan hipotesis, menentukan dan mengontrol variabel, merancang dan melakukan eksperimen, mengumpulkan data, menganalisis data dan mengambil kesimpulan. (Purwana 2016; Koenig 2012; Zimmerman 2007; Ammer 2005). Penalaran ilmiah sangat penting untuk dilatihkan karena merupakan landasan dari proses penemuan dan juga menjadi dasar bagi perkembangan keterampilan lain seperti keterampilan berpikir kritis (berpikir tingkat tinggi) dan pemecahan masalah (Purwana 2016; Mullis 2014; Fischer 2014; Brookhart 2010). Lebih jauh, penalaran ilmiah sudah menjadi perhatian Dunia, hal ini terlihat dari dimasukkannya penalaran ilmiah dalam studi komparatif multinasional yaitu TIMSS (*Trend in International Mathematic and Social Study*) (Suhandi 2017). TIMSS memasukkan kemampuan penalaran (*reasoning*) sebagai salah satu bagian yang di ujikan pada domain kognitif yang diukur (TIMSS 2011). Penalaran ilmiah dapat ditumbuhkembangkan melalui proses pembelajaran yang inovatif dan tidak konvensional, seperti pembelajaran yang menekankan *learning by doing* (Purwana 2016; Koenig 2012; Lee 2010; Wenning 2011).

Kegiatan eksperimen dapat memberikan pengalaman bagi mahasiswa untuk belajar langsung dari kegiatan yang dilakukannya, meliputi kegiatan observasi, pengumpulan data, analisis data sampai pada kesimpulan (*learning by doing*) sehingga dapat melatih dan menumbuhkembangkan penalaran ilmiah mahasiswa. Akan tetapi pada kenyataannya, kegiatan eksperimen yang dilakukan di perguruan tinggi umumnya menggunakan metode konvensional yaitu metode *cookbook*, mahasiswa mengikuti prosedur eksperimen yang rinci tanpa dilibatkan kenapa dan bagaimana prosedur tersebut diperoleh (Nugraha 2015). Akibatnya, mahasiswa hanya mengikuti langkah-langkah yang diberikan tanpa mempunyai kesempatan dan kebebasan bereksplorasi untuk mengembangkan kemampuan penalaran ilmiah terkait fenomena atau konsep yang sedang dipelajarinya.

Salah satu solusi yang dapat melatih dan menumbuhkembangkan keterampilan penalaran ilmiah mahasiswa fisika dalam bereksperimen ialah pendekatan pemecahan masalah (*problem solving-based experiment*). Dalam eksperimen ini, mahasiswa dihadapkan pada suatu permasalahan berkaitan dengan teknologi terapan dan konsep-konsep fisika dalam kehidupan sehari-hari yang

harus diselesaikan. Berdasarkan permasalahan yang diberikan, mahasiswa dipandu dengan pertanyaan-pertanyaan arahan sehingga mahasiswa dapat merencanakan eksperimen, merancang alat dan bahan eksperimen, melakukan eksperimen serta mampu mengolah dan menganalisis data hasil eksperimen untuk memecahkan permasalahan (Nugraha 2015). Dengan kegiatan eksperimen seperti ini, mahasiswa dilibatkan secara aktif dalam pemecahan masalah (*engagement*), menemukan dan mengumpulkan informasi yang diperlukan melalui proses penyelidikan (*inquiry*), membangun penyelesaian masalah (*solutin building*), bertukar pendapat dan mengevaluasi solusi yang ditemukan (*debriefing and reflection*), serta mahasiswa dapat menampilkan dan menemukan solusi yang tepat (*presentation of finding*) (Flint 2005).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan terhadap 20 mahasiswa yang mengikuti perkuliahan Eksperimen Fisika Dasar sebagai sampel penelitian selama 6 pekan berturut-turut. Desain penelitian yang digunakan ialah *one group pretest-postest* seperti ditunjukkan TABEL 1.

TABEL 1. Desain penelitian *one group pretest-posttes*.

<i>Pretest</i>	<i>Treatment</i>	<i>Postest</i>
T	<i>Problem Solving based experiment</i>	T

(Fraenkel 2003)

Terdapat 6 judul eksperimen yang dilakukan dengan pendekatan pemecahan masalah (*Problem solving based-experiment*), yaitu eksperimen rangkaian saklar, kapasitor, kemagnetan, rangkaian listrik Arus Bolak balik R-L-C, pemantulan cahaya dan eksperimen pembiasan cahaya. Dalam kegiatan eksperimen, setiap mahasiswa dibekali dengan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) yang berisi permasalahan yang harus diselesaikan dan pertanyaan-pertanyaan arahan untuk memandu mahasiswa dalam merencanakan, merancang dan melakukan eksperimen, serta memberikan gambaran dalam pengolahan dan analisis data sampai pada kesimpulan eksperimen dengan tujuan menyelesaikan masalah yang diberikan. Contoh permasalahan yang diberikan pada LKM dapat dilihat pada GAMBAR 1.

<p style="text-align: center;">PROBLEM-1: PENGUNAAN SAKLAR</p> <p>Pada suatu proyek penambangan terdapat sebuah lorong yang sering dilewati oleh pekerja tambang, untuk melewati lorong tersebut diperlukan lampu sebagai penerangannya, agar energi listrik yang terpakai efisien maka dirancang saklar pada ujung-ujung terowongan sehingga lampu di terowongan dapat di kendalikan oleh dua saklar tersebut. Anda sebagai seorang mahasiswa fisika diminta untuk membuat rangkaian dengan ketentuan sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Saklar dapat dinyalakan oleh pekerja yang memasuki terowongan dan dimatikan oleh pekerja tersebut setelah melewati terowongan. 2. Saklar dikedua ujung terowongan tersebut dapat berfungsi untuk mematikan dan menyalakan lampu dalam terowongan. <p>Dengan cara kerja rangkain yang anda buat, diharapkan efisiensi energi pemakaian listrik dapat dicapai. Berdasarkan ketentuan tersebut anda dapat membuat rangkian yang terdiri atas lampu, sumber tegangan dan beberapa kabel penghubung dan saklar.</p>	<div style="text-align: center; border: 1px solid black; width: fit-content; margin: 0 auto; padding: 5px;">EKSPLORASI</div> <p>Buatlah sketsa rangkaian yang menggunakan konsep logika penggunaan saklar ganda, melalui uji coba rangkaian perhatikan pola terang lampu yang diinginkan, anda dapat mencobanya dari mulai rangkaian yang paling sederhana hingga rangkaian yang lebih kompleks. Agar lebih mudah, anda dapat membuat sketsanya terlebih dahulu kemudian memprediksi kombinasi pola hubungan saklar terkait dengan nyala lampu. Pilihlah rangkaian yang memungkinkan terjadinya pola saklar dan nyala lampu sesuai dengan permasalahan. Ganti pola rangkaian saklar dengan jenis saklar yang sesuai.</p> <p>Rancanglah langkah-langkah percobaanmu dan nyatakan sebagai prosedur percobaan pada laporanmu.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

GAMBAR 1. Contoh LKM Problem Solving

Untuk mengetahui kemampuan penalaran Ilmiah mahasiswa, digunakan tes standar yang dikembangkan oleh Lawson, yang dikenal dengan nama *Lawson Classroom Test of Scientific Reasoning* (LCTSR) (Lawson 2000). Tes ini terdiri dari 24 butir soal pilihan ganda yang terdiri dari 12 butir soal pertanyaan dan 12 butir soal pilihan alasan dari jawaban pertanyaan sebelumnya. Instrumen tes LCTSR mengukur penalaran ilmiah yang terdiri dari 6 aspek penalaran seperti ditunjukkan pada TABEL 2.

TABEL 2. Distribusi aspek penalaran ilmiah pada instrumen LCTSR.

Nomor Butir Soal		Aspek Penalaran Ilmiah
Pertanyaan	Alasan	
1 dan 3	2 dan 4	Konservasi materi dan volume (KMV)
5 dan 7	6 dan 8	Berpikir Proporsional (BProp)
9, 11 dan 13	10, 12, dan 14	Identifikasi dan kontrol variabel (IKV)
15 dan 17	16 dan 18	Berpikir probalilistik (BProb)
19	20	Berpikir korelatif (BK)
21 dan 23	22 dan 24	Berpikir hipotetik deduktif (BHD)

Mahasiswa dikategorikan memiliki aspek penalaran ilmiah yang diukur apabila memberikan jawaban yang benar pada butir soal pertanyaan dan butir soal alasan.

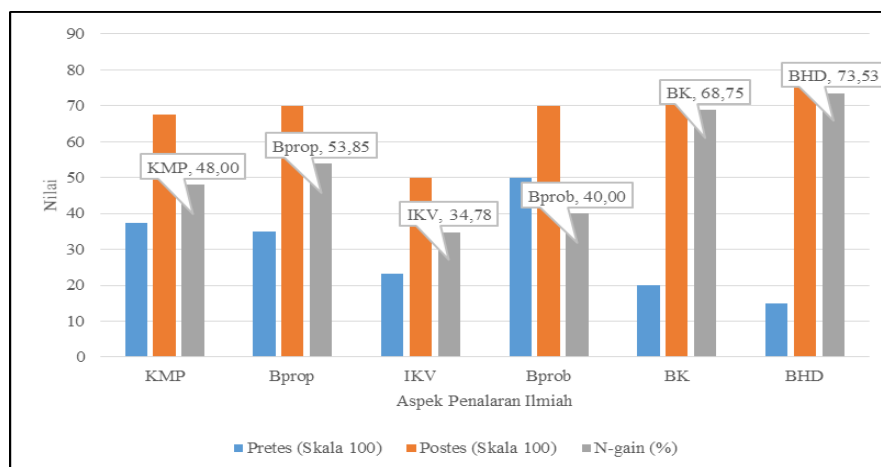
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil penelitian diolah untuk mendapatkan informasi mengenai perubahan kemampuan penalaran ilmiah mahasiswa setelah mengikuti eksperimen berbasis pemecahan masalah (*problem solving experiment*). Berdasarkan hasil tes menggunakan intrumen LCTSR, diperoleh nilai rata-rata pretes dan nilai rata-rata postes untuk semua aspek penalaran ilmiah seperti ditunjukkan pada TABEL 3.

TABEL 3. Nilai rata-rata pretes dan postes aspek-aspek penalaran ilmiah.

No	Aspek Penalaran Ilmiah	Rata-rata Skor (Skala 100)	
		Pretes	Postes
1	Konservasi materi dan volume (KMV)	37,5	67,5
2	Berpikir Proporsional (BProp)	35,0	70,0
3	Identifikasi dan kontrol variabel (IKV)	23,3	50,0
4	Berpikir probalilistik (BProb)	50,0	70,0
5	Berpikir korelatif (BK)	20,0	75,0
6	Berpikir hipotetik deduktif (BHD)	15,0	77,5

Peningkatan setiap aspek penalaran ilmiah diperoleh dengan menggunakan gain yang dinormalisasi (Hake 1998). Berdasarkan hasil pengolahan data, peningkatan yang terjadi pada setiap aspek penalaran ilmiah ditunjukkan pada GAMBAR 2.



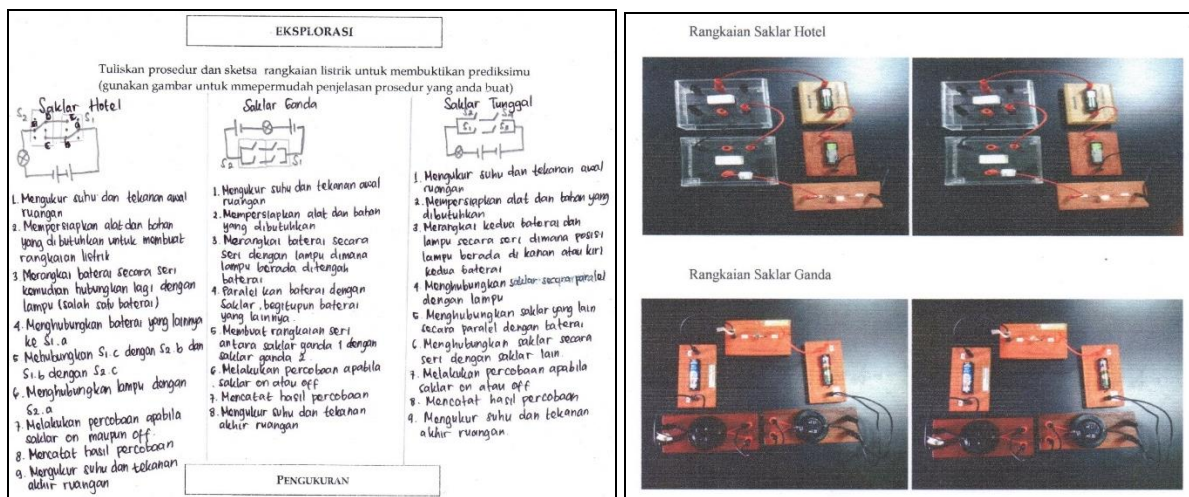
GAMBAR 2. Skor dan peningkatan aspek-aspek penalaran Ilmiah

Hasil penelitian diperoleh bahwa semua aspek penalaran ilmiah mahasiswa mengalami peningkatan. Peningkatan terbesar terjadi pada aspek Berpikir hipotetik deduktif (BHD) dengan skor

gain yang dinormalisasi sebesar 0,7553 (75,53 %), hal ini menunjukkan bahwa kemampuan mahasiswa dalam menggunakan metode deduktif untuk menguji hipotesis mengalami peningkatan dengan sangat baik. Peningkatan ini tidak lepas dari kegiatan eksperimen pemecahan masalah yang mengharuskan mahasiswa berpikir secara deduktif, yaitu berpikir dimulai dari hal yang umum (bermula dari masalah yang diberikan) dan berusaha mencari solusi dari hal-hal yang lebih spesifik. Selain kemampuan berpikir hipotetik deduktif, aspek penalaran ilmiah yang mengalami peningkatan cukup besar terjadi pula pada aspek berpikir korelatif (BK) dengan skor gain yang dinormalisasi sebesar 0,6875 (68,75%), hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan kemampuan mahasiswa dalam menggambarkan atau menjelaskan keterkaitan antara variabel-variabel eksperimen. Hal ini pun jelas sangat berkaitan dengan kegiatan eksperimen yang dilakukan, dimana mahasiswa harus menentukan sendiri variabel-variabel penelitian serta harus merancang sendiri prosedur eksperimen yang dilakukan untuk mendapatkan hubungan variabel-variabel tersebut (Nugraha 2015).

Berdasarkan GAMBAR 2, aspek penalaran ilmiah yang mengalami peningkatan paling kecil ialah pada aspek identifikasi dan kontrol variabel (IKV), yaitu kemampuan mahasiswa untuk melakukan pemisahan variabel, pengontrolan variabel, dan mengidentifikasi serta menganalisis hubungan variabel-variabel tersebut dengan skor gain yang dinormalisasi sebesar 0,3478 (34,78%). Hasil ini cukup mengejutkan dan kontradiktif mengingat aspek berpikir korelatif mahasiswa mengalami peningkatan yang cukup tinggi. Hasil identifikasi terhadap rendahnya peningkatan aspek IKV yang dicapai mahasiswa diprediksi berkaitan dengan karakteristik instrumen tes LCTSR yang digunakan berbasis konten sains dan matematik. Diketahui pada TABEL 2 bahwa butir soal yang mengukur kemampuan identifikasi dan kontrol variabel ialah butir soal nomor 9 – 14. Dari 6 butir soal yang diujikan tersebut ternyata 2 butir soal yaitu nomor 9 dan 10 berbasis konten kefisikaan, sedangkan 4 butir soal yaitu nomor 11-14 berbasis konten biologi. Walaupun konten sains yang digunakan pada instrumen tes LCTSR merupakan konten yang umum, akan tetapi diprediksi bahwa mahasiswa yang menjadi subjek penelitian tidak terlalu memahami konten pertanyaan sehingga pada aspek IKV peningkatan yang terjadi tidak setinggi aspek penalaran ilmiah lainnya.

Berdasarkan jawaban mahasiswa pada LKM yang diberikan, menunjukkan bahwa secara garis besar mahasiswa sudah mampu memecahkan permasalahan yang diberikan melalui kegiatan prediksi, eksplorasi, penyusunan prosedur eksperimen, pengukuran variabel-variabel eksperimen, pengolahan dan analisis data hasil eksperimen sampai pada pengambilan kesimpulan.



GAMBAR 3. Contoh salah satu isi LKM dan kegiatan eksperimen yang dilakukan mahasiswa

GAMBAR 3 menunjukkan salah satu contoh LKM yang sudah diisi oleh mahasiswa dan contoh salah satu kegiatan eksperimen untuk memecahkan masalah yang diberikan. Berdasarkan GAMBAR 3, dapat dilihat bahwa dengan pertanyaan arahan yang diberikan, mahasiswa sudah mampu mengeksplorasi, menentukan variabel-variabel eksperimen serta menguji hubungan variabel-variabel tersebut melalui prosedur yang dibuat mahasiswa. Kegiatan eksperimen seperti ini mampu melatih dan meningkatkan berbagai keterampilan mahasiswa termasuk didalamnya kemampuan

penalaran ilmiah seperti yang ditunjukkan pada GAMBAR 2, bahwa semua aspek penalaran ilmiah mengalami peningkatan.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *problem solving-based experiment* mampu meningkatkan penalaran ilmiah mahasiswa fisika. Hal ini karena langkah-langkah dalam kegiatan eksperimen berbasis pemecahan masalah mampu melatih aspek-aspek penalaran ilmiah mahasiswa. Berdasarkan hasil penelitian, eksperimen berdasarkan pemecahan masalah bisa menjadi salah satu solusi dalam perkuliahan eksperimen fisika yang selama ini umumnya dilakukan dengan metode *cookbook* yang tidak memberikan kesempatan yang luas kepada mahasiswa untuk bereksplorasi sehingga kurang melatih keterampilan berpikir mahasiswa.

REFERENSI

- Amien, M 1987. Mengajarkan ilmu pengetahuan alam (IPA) dengan menggunakan metode discovery dan inquiry, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan, Jakarta.
- Ammer, et al 2005, Basic Proficiency in Scientific Reasoning, Forsburg State University.
- Brookhart, S.M 2010, How to assess higher-order thinking skills in your classroom. ASCD.
- Fischer, F, Kollar, I, Ufer, S, Sodian, B, Hussmann, H, Pekrun, R., Neuhaus, B, Dorner, B, Pankofer, S, Fischer, M, and Strijbos, J W 2014, 'Scientific reasoning and argumentation: Advancing an interdisciplinary research agenda in education', *Frontline Learning Research*, 2(3), pp.28-45.
- Flint, W 2005. Problem-based Learning: A Learner-centered Teaching Model for Community Colleges. Tersedia: <http://www.collegeofthedesert.edu/uploadedfiles/problembasedlearning2000words.doc> [17 juni 2005].
- Fraenkel, J R, and Wallen, N , 2003, How to design and evaluate research in education. McGraw-Hill Higher Education.
- Hake, R R 1998, 'Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses', *American journal of Physics*, 66(1), pp.64-74.
- Koenig, K, Schen, M, and Bao, L 2012. 'Explicitly targeting pre-service teacher scientific reasoning abilities and understanding of nature of science through an introductory science course', *Science Educator*, 21(2), p.1.
- Lawson, A E 2000, Classroom Test of Scientific Reasoning. Arizona State University.
- Lee, C Q, and She, H C 2010, 'Facilitating students' conceptual change and scientific reasoning involving the unit of combustion', *Research in Science Education*, 40(4), pp.479-504.
- Mullis, I V, and Martin, M O 2014, TIMMS Advanced 2015 Assessment Frameworks. International Association for the Evaluation of Educational Achievement, Herengracht 487, Amsterdam, 1017 BT, The Netherlands.
- Nugraha, M G, Kaniawati, I, Rusdiana, D, & Kirana, K H 2016, 'Combination of inquiry learning model and computer simulation to improve mastery concept and the correlation with critical thinking skills (CTS)', *AIP Conference Proceedings*, Vol. 1708, No. 1, p. 070008.
- Nugraha, M G, dan Kirana K H 2015, 'Profil Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa Fisika Dalam Perkuliahan Eksperimen Fisika Berbasis Problem Solving', *Seminar Nasional Fisika (SNF) vol.5*, p-ISSN: 2339-0654, e-ISSN: 2476-9398, Oktober 2015, pp.201-204.

- Purwana, U, Liliyasi, dan Rusdiana, D 2016. 'Profil Kompetensi Awal Penalaran Ilmiah (Scientific Reasoning) Mahasiswa pada Perkuliahan Fisika Sekolah', Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains, p. 753-756.
- Subiyanto 1998, Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.
- Suhandi, A. and Nugraha, M G 2017, 'Development of Reasoning Test Instruments Based on TIMSS Framework for Measuring Reasoning Ability of Senior High School Student on the Physics Concept', Journal of Physics: Conference Series (Vol. 812, No. 1, p. 012108). IOP Publishing.
- TIMSS 2011, TIMSS 2011 User Guide for the International Database, Lynch School of Education, Boston College.
- Wenning, C J 2011, 'The Levels of Inquiry Model of Science Teaching', Journal of Physics Teacher Education Online, 6(2), pp.9-16.
- Zimmerman, C 2007. The Development of Scientific Reasoning Skill: What Psychologist Contribute to an Understanding of Elementary Science Learning, Illinious State University.

