

**PENGEMBANGAN PROGRAM PERKULIAHAN FISIKA INTI
MELALUI *NUCLEAR PHYSICS INQUIRY REMOTE LABORATORY*
UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN
PEMECAHAN MASALAH MAHASISWA**

DISERTASI

diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat untuk memperoleh gelar Doktor
Pendidikan IPA



Oleh

Sri Hartini

NIM 1803396

**PROGRAM STUDI S3 PENDIDIKAN IPA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN IPA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

Sri Hartini, 2003

*Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote
Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah
Mahasiswa*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui *Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory* Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Oleh
Sri Hartini

Dr. Universitas Pendidikan Indonesia, 2023
M.Sc Universitas Gadjah Mada, 2012
S.Pd.Si Universitas Negeri Yogyakarta, 2008

Sebuah Disertasi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Doktor Pendidikan IPA (Dr.) pada Fakultas Pendidikan Matematika dan IPA

© Sri Hartini 2023
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2023

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Disertasi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN

SRI HARTINI

PENGEMBANGAN PROGRAM PERKULIAHAN FISIKA INTI MELALUI
NUCLEAR PHYSICS INQUIRY REMOTE LABORATORY UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN PEMECAHAN MASALAH
MAHASISWA

Disetujui dan disahkan oleh Panitia Disertasi

Promotor,



Prof. Dr. Liliasari, M.Pd
NIPT 920191119490927201

Co Promotor,



Prof. Dr. Parlindungan Sinaga, M.Si
NIP. 196204261987031002

Anggota,



Prof. Dr. Ade Gaffar Abdullah, M.Si
NIP. 197211131999031001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Pendidikan IPA



Prof. Dr. Ida Kaniawati, M.Si
NIP. 196807031992032001

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui *Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory* Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah” ini dan seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya ini, atau klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2023
Yang Membuat Pernyataan,



Sri Hartini

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui *Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory* untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya peran pendidikan dalam mengatasi tantangan terhadap efek negatif nuklir yang dapat diperbaiki melalui perkuliahan fisika inti. Penelitian ini bertujuan mengembangkan program perkuliahan fisika inti melalui *nuclear physics inquiry remote laboratory* (NPIRL) untuk meningkatkan dimensi proses kognitif, keterampilan berpikir kritis, dan pemecahan masalah pada mahasiswa. Penelitian ini menggunakan metode penelitian campuran dengan *embedded experimental model*. Subjek penelitian ini adalah mahasiswa program studi pendidikan fisika di salah satu Universitas di Banjarmasin berjumlah 38 orang mahasiswa yang masing-masing terbagi menjadi 19 orang pada kelompok eksperimen 1 dan 2. Instrumen penelitian ini adalah tes dimensi proses kognitif terintegrasi keterampilan berpikir kritis, dan keterampilan pemecahan masalah berbentuk esai, tes pra laboratorium, rubrik penilaian LKM, lembar penilaian skala sikap, dan pedoman wawancara. Program perkuliahan Fisika Inti melalui NPIRL yang dikembangkan yaitu melatih tahapan inkuiri pada tahap pra laboratorium dan laboratorium menggunakan *remote laboratory* yaitu *Internet Reactor Laboratory* (IRL) Kartini PSTA Batan BRIN. Berdasarkan hasil analisis data diperoleh (1) karakteristik program perkuliahan ini yaitu inkuiri sebagai dasar kegiatannya, menggunakan *remote laboratory* yaitu IRL, dan melibatkan pusat reaktor nuklir; (2) program perkuliahan ini dapat meningkatkan penguasaan dimensi proses kognitif, keterampilan berpikir kritis, dan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa berdasarkan N-Gain berkategori sedang; (3) program perkuliahan ini berdampak positif terhadap dimensi proses kognitif mahasiswa, keterampilan berpikir kritis, dan keterampilan pemecahan masalah mahasiswa; (4) terdapat interaksi parsial antara keterampilan berpikir kritis terhadap dimensi proses kognitif mahasiswa dan keterampilan pemecahan masalah terhadap dimensi proses kognitif mahasiswa, serta secara simultan terdapat interaksi keterampilan berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah terhadap dimensi proses kognitif mahasiswa; (5) keunggulan program ini yaitu mengintegrasikan kegiatan perkuliahan dan praktikum melalui kegiatan inkuiri, mengarahkan untuk meningkatkan dimensi proses kognitif, keterampilan berpikir kritis, dan keterampilan pemecahan masalah. Keterbatasan program perkuliahan ini adalah kurangnya kestabilan jaringan internet. Untuk penelitian selanjutnya perlu dikembangkan materi praktikum lain yang melibatkan fasilitas reaktor nuklir.

Katakunci: Perkuliahan Fisika Inti, NPIRL, Keterampilan Berpikir Kritis, Keterampilan Pemecahan Masalah

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Development of Nuclear Physics Course Program Using Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory to Improve Students' Critical Thinking and Problem-Solving Skills

Abstract

This research is motivated by the education's role in overcoming the challenges posed by negative nuclear effects, which can be enhanced through nuclear physics course. This research aims to develop a nuclear physics course program using the nuclear physics inquiry remote laboratory (NPIRL) to enhance students' dimensions of cognitive processes, critical thinking, and problem-solving skills. The mixed method with an embedded experimental model was employed in this research. The participants in this research were 38 students enrolled in Physics Education Study Program at one of the university in Banjarmasin. Each experimental group consisted of 19 students. This research instruments included dimensions of cognitive process essay tests integrated with critical thinking and problem-solving skills, pre-laboratory tests, student worksheet assessment rubrics, attitude rating scale sheet, and interview guidelines. The nuclear physics course program using NPIRL consisted of inquiry stages training in the pre-laboratory and laboratory using remote laboratory named Internet Reactor Laboratory (IRL) Kartini PSTA Batan BRIN. The results of data analysis showed that (1) the characteristics of this course program are inquiry as the basis of its activities, using a remote laboratory, namely IRL, and involving a nuclear reactor center; (2) this program can improve students' dimensions of cognitive processes, critical thinking skills, and problem-solving skills based on moderate N-Gain; (3) this program has a positive impact on students' dimensions of cognitive processes, critical thinking skills, and problem-solving skills; (4) there is a partial interaction between students' critical thinking skills and dimensions of cognitive processes and between problem-solving skills and dimensions of cognitive processes, and simultaneously there is an interaction of critical thinking skills and problem solving skills on students' dimensions of cognitive processes; (5) the advantages of this program are integrating lecture and practicum through inquiry activities and directing to improve dimensions of cognitive processes, critical thinking skills, and problem-solving skills. This course program is limited on lack of stable internet network. It is necessary to develop additional practicum materials involving nuclear reactor facilities for future research.

Keywords: Nuclear Physics Course, NPIRL, Critical Thinking Skills, Problem-Solving Skills

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan bagi Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, nikmat, dan ilmu-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan proses penelitian dan penyusunan disertasi ini sebagaimana mestinya. Disertasi ini berjudul “Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui *Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory* Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa”. Tujuan penulisan disertasi ini adalah untuk memenuhi salah satu dari syarat memperoleh gelar Doktor Pendidikan IPA pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia.

Penelitian disertasi ini dilakukan dengan dilandasi oleh peran pendidikan terhadap tantangan tentang efek negatif iptek nuklir melalui perbaikan program perkuliahan fisika inti dengan melibatkan pusat reaktor nuklir PSTA Batan BRIN. Diharapkan melalui penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap peran pendidikan menghadapi permasalahan global yaitu efek negatif iptek nuklir yang menjadi permasalahan pada banyak negara.

Penulis sangat menyadari bahwa karya tulis ini masih jauh dari sempurna dan masih mengandung berbagai kekeliruan. Oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak atas segala kekurangan yang ditemukan di dalamnya. Semoga Allah SWT menjadikan karya ini sebagai amal kebaikan dan bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang, Aamiin.

Bandung Agustus 2023

Sri Hartini

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan karya tulis ini. Penulis menyadari bahwa penyelesaian disertasi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat:

1. Ibu Prof. Dr. Liliasari, M.Pd., Bapak Prof. Dr. Parlindungan Sinaga, M.Si., dan Bapak Prof. Dr. Ade Gaffar Abdullah, M.Si., selaku tim promotor atas segala waktu yang telah tercurahkan dan kebaik hati memberikan bimbingan, ilmu, arahan dengan penuh kesabaran dan keikhlasan selama penulis menyusun disertasi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Andi Suhandi, M.Si dan Bapak Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si, selaku tim penguji yang memberikan arahan, saran, dan kritik pada disertasi ini.
3. Ibu Prof. Dr. Ida Kaniawati, M.Si., selaku ketua Program Studi S3 Pendidikan IPA FPMIPA UPI beserta staf akademik yang memberikan motivasi, dorongan, kemudahan, dan bantuan dalam menyelesaikan disertasi ini
4. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia dan Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang telah memberikan beasiswa untuk menempuh pendidikan S3 di Universitas Pendidikan Indonesia.
5. Bapak dan Ibu dosen Program Studi S3 Pendidikan IPA yang telah memperkaya khasanah ilmu pengetahuan serta pola pikir ilmiah selama perkuliahan dan penulisan disertasi ini
6. Bapak Prof. Ir. Syarif, Bapak Umar Sahiful Hidayat, M.Eng., dan tim IRL Kartini PSTA Batan BRIN Yogyakarta atas ilmu, bantuan, dan kerjasamanya selama penelitian disertasi ini.
7. Ibu Irma Rahma Suwarma, Ph. D dan Ibu Dr. Mustika Wati, M.Sc yang telah membantu penulis melakukan validasi instrumen disertasi ini.

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

8. Bapak Prof. Dr. H. Sutarto Hadi, M.Si., M.Sc, selaku rektor Universitas Lambung Mangkurat periode 2014-2022 dan Bapak Prof. Dr. Achmad, M.Si selaku rektor Universitas Lambung Mangkurat periode 2023-2027, yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melanjutkan studi
9. Bapak Dr. Chairil Faif Pasani, M.Si, selaku Dekan FKIP ULM periode 2019-2023, Ibu Prof. Dr. Hj. Atiek Winarti, selaku Wakil Dekan Bidang Akademik FKIP ULM, Prof. Dr. Imam Yuwono, M.Pd, selaku Wakil Dekan Bidang Kepegawaian dan Keuangan, dan Prof. Dr. Dwi Atmono selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan FKIP ULM yang telah memberikan izin, motivasi, dan semangat kepada penulis dalam melanjutkan dan menyelesaikan studi.
10. Rekan-rekan sejawat di jurusan pendidikan MIPA dan program studi pendidikan Fisika FKIP ULM yang selalu memberikan dorongan dan semangat terhadap penulis dalam menyelesaikan studi.
11. Rekan-rekan seperjuangan S3 Pendidikan IPA angkatan 2018 yang selalu memberikan dorongan dan semangat terhadap penulis.
12. Semua pihak yang terlibat dalam proses penyelesaian studi yang namanya tidak dapat disebutkan satu persatu.

Terkhusus kedua orang tua penulis yang kami cintai Ibunda Siti Raudah dan Ayahanda Rakhman yang menanamkan rasa cinta belajar tanpa batas. Suami tercinta Ronny Abdillah dan kedua mertua Ibu Rupinah dan Bapak Noor Hasani (Almarhum) beserta saudaraku tercinta Nurul Rahmi, M. Azaharuddin, dan M. Anshari Fahmi dan seluruh keluarga besar H. Abas Baseri (Almarhum) dan M. Saderi Mochtar (Almarhum) yang tak kunjung putus mendoakan penulis untuk menyelesaikan studi ini.

Teriring doa, semoga segala amal baik yang telah diperbuat dalam membantu dan mendukung penulis menyelesaikan penelitian dan penyusunan disertasi ini mendapatkan ganjaran yang berlipat ganda dari Allah SWT. Aamiin.

Bandung, Agustus 2023

Sri Hartini

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HAK CIPTA	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR PUSTAKA	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah dan Pertanyaan Penelitian	12
C. Pembatasan Masalah	13
D. Tujuan Penelitian	13
E. Manfaat Penelitian	13
F. Definisi Operasional	14
G. Struktur Organisasi Disertasi.....	15
BAB 2 KAJIAN TEORI	
A. Program <i>Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory</i> (NPIRL)	16
1. Model Praktikum Inkuiri	16
2. <i>Remote Laboratory</i> (RL)	21
3. Pembelajaran Fisika Inti dengan <i>Remote Laboratory</i>	27
4. <i>Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory</i> (NPIRL)	31
B. Dimensi Proses Kognitif	35
C. Keterampilan Berpikir Kritis	37
D. Keterampilan Pemecahan Masalah	40
E. Fisika Inti dalam Iptek Nuklir	43
BAB 3 METODE PENELITIAN	
A. Paradigma Penelitian	54
B. Metode dan Desain Penelitian	57
1. Tahap Sebelum Intervensi	59
2. Tahap Intervensi	62
3. Tahap Setelah Intervensi	64
4. Tahap Analisis Data	64

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

5. Tahap Interpretasi	65
C. Lokasi dan Subjek Penelitian	65
D. Instrumen	66
1. Jenis Instrumen	66
2. Analisis Validasi Instrumen	67
a. Analisis validasi tes DPK terintegrasi KBK dan tes DPK terintegrasi KPM	67
b. Analisis validasi tes pra laboratorium, LKM, dan rubrik	71
c. Lembar penilaian skala sikap	72
d. Pedoman wawancara	73
E. Teknik Analisis Data	73
1. Data Kuantitatif	73
a. Penentuan peningkatan (N-Gain)	74
b. Uji statistik	74
c. <i>Effect size</i>	80
d. Analisis pola interaksi dimensi proses kognitif, keterampilan berpikir kritis, dan keterampilan pemecahan masalah	81
2. Data Kualitatif	83
3. Gabungan Data Kuantitatif dan Kualitatif	84

BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	86
1. Perancangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui NPIRL ...	86
a. Tes pra lab dan LKM pada program NPIRL	90
b. Tes DPK terintegrasi KBK dan tes DPK terintegrasi KPM pada program NPIRL	94
c. Persepsi mahasiswa terhadap program NPIRL	101
2. Ujicoba Terbatas Program Perkuliahan Fisika Inti melalui NPIRL	102
3. Implementasi Program Perkuliahan Fisika Inti melalui NPIRL	112
a. Karakteristik program perkuliahan fisika inti melalui NPIRL	114
1) Kalibrasi daya reaktor	119
2) Pengukuran fluks neutron	123
3) Kalibrasi batang kendali	127
4) Koefisien reaktivitas suhu bahan bakar	133
5) Kekritisian reaktor	136
b. Peningkatan DPK, KBK, dan KPM Mahasiswa pada program NPIRL	141
1) Analisis kuantitatif DPK	141

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

2) Analisis kualitatif DPK	154
3) Analisis gabungan kuantitatif dan kualitatif DPK	183
4) Analisis kuantitatif KBK	185
5) Analisis kualitatif KBK	195
6) Analisis gabungan kuantitatif dan kualitatif KBK.....	236
7) Analisis kuantitatif KPM	238
8) Analisis kualitatif KPM	247
9) Analisis gabungan kuantitatif dan kualitatif KPM.....	263
c. Pengaruh DPK, KBK, dan KPM Mahasiswa pada Program NPIRL	265
1) Analisis <i>effect size</i> DPK	265
2) Analisis <i>effect size</i> KBK	266
3) Analisis <i>effect size</i> KPM	266
4. Pola Interaksi DPK, KBK, dan PKM pada Program NPIRL	267
B. Pembahasan	271
1. Karakteristik Program Perkuliahan Fisika Inti melalui NPIRL	271
2. Peningkatan DPK, KBK, dan KPM Mahasiswa pada Program NPIRL	276
3. Pengaruh DPK, KBK, dan KPM Mahasiswa pada Program NPIRL	287
4. Pola Interaksi DPK, KBK, dan PKM pada Program NPIRL	289
5. Keunggulan dan Keterbatasan Program NPIRL	291
 BAB 5 SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI	
A. Simpulan	294
B. Implikasi	295
C. Rekomendasi	296
 LAMPIRAN-LAMPIRAN	297

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1.1. Hasil tes dimensi proses kognitif pada studi pendahuluan	5
Tabel 1.2. Hasil tes keterampilan pemecahan masalah	10
Tabel 2.1. Karakteristik <i>inquiry lab</i> (Heller & Heller, 2010)	20
Tabel 2.2. Taksonomi Bloom revisi dimensi proses kognitif	36
Tabel 3.1. Program perkuliahan melalui NPIRL yang Dikembangkan	61
Tabel 3.2. Saran validator untuk silabus	62
Tabel 3.3. Desain penelitian <i>one group pretes-posttest design</i>	62
Tabel 3.4. Desain penelitian <i>non equivalent pretest-posttest group design</i>	63
Tabel 3.5. Jenis instrumen dan deskripsinya	66
Tabel 3.6. Saran validator untuk tes DPK, KBK, dan KPM	67
Tabel 3.7. Derajat validitas (Guilford, 1965)	68
Tabel 3.8. Derajat reliabilitas (Guilford, 1965)	69
Tabel 3.9. Hasil validitas tes DPK terintegrasi KBK	70
Tabel 3.10. Hasil validitas tes DPK terintegrasi KPM	70
Tabel 3.11. Hasil validasi tes pra laboratorium	71
Tabel 3.12. Hasil validasi LKM	72
Tabel 3.13. Kriteria nilai gain yang dinormalisasi (Hake, 1998)	74
Tabel 3.14. Interpretasi nilai <i>d</i> (Cohen, 1969)	81
Tabel 4.1. Indikator DPK, KBK, dan KPM pada kegiatan pra laboratorium dan laboratorium	92
Tabel 4.2. Indikator tes DPK, KBK, dan KPM	95
Tabel 4.3. Hasil analisis DPK, KBK dan KPM pada kelas ujicoba	104
Tabel 4.4. Uji beda berdasarkan topik DPK pada kelas ujicoba	105
Tabel 4.5. Uji beda pada indikator KBK pada kelas ujicoba	106
Tabel 4.6. Uji beda indikator KPM pada kelas ujicoba	106
Tabel 4.7. Hasil ujicoba pra laboratorium dan laboratorium	107
Tabel 4.8. Upaya perbaikan yang dilakukan dalam menghadapi masalah	109
Tabel 4.9. Jadwal implementasi program perkuliahan melalui NPIRL	113
Tabel 4.10. Distribusi konsep pada tes DPK	142
Tabel 4.11. Hasil analisis tes awal dan akhir pada DPK	143
Tabel 4.12. Analisis uji statistik DPK	143

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Tabel 4.13. Analisis N-Gain pada DPK	144
Tabel 4.14. Analisis uji beda pertopik DPK	145
Tabel 4.15. Analisis N-Gain pertopik DPK	146
Tabel 4.16. Analisis Uji Beda Perkode DPK Kelompok Eksperimen 1 dan Eksperimen 2	148
Tabel 4.17. Analisis DPK kegiatan praktikum	152
Tabel 4.18. Hasil analisis jawaban mahasiswa pada tes DPK	162
Tabel 4.19. Analisis hasil tugas pra laboratorium pada DPK	168
Tabel 4.20. Indikator KBK pada Tes	186
Tabel 4.21. Hasil tes awal dan akhir KBK	187
Tabel 4.22. Analisis uji statistik KBK	187
Tabel 4.23. Analisis N-Gain pada KBK	188
Tabel 4.24. Analisis uji statistik perindikator KBK	188
Tabel 4.25. Analisis N-Gain perindikator KBK	190
Tabel 4.26. Analisis perkode KBK pada kelompok eksperimen 1 dan eksperimen 2	192
Tabel 4.27. Analisis berdasarkan indikator KBK pada kegiatan praktikum	195
Tabel 4.28. Hasil analisis jawaban mahasiswa pada tes KBK	200
Tabel 4.29. Analisis hasil tugas laboratorium pada indikator KBK	205
Tabel 4.30. Indikator KPM pada program perkuliahan melalui NPIRL	239
Tabel 4.31. Hasil tes awal dan akhir KPM	240
Tabel 4.32. Analisis uji statistik KPM	240
Tabel 4.33. Analisis N-Gain pada KPM	241
Tabel 4.34. Analisis uji statistik perindikator KPM	241
Tabel 4.35. Analisis N-Gain pada perindikator KPM	242
Tabel 4.36. Uji beda perkode KPM pada kelompok eksperimen 1 dan eksperimen 2	244
Tabel 4.37. Analisis perindikator KPM pada hasil praktikum	246
Tabel 4.38. Hasil analisis jawaban mahasiswa pada tes KPM	258
Tabel 4.39 Analisis hasil tugas laboratorium pada indikator KPM	260
Tabel 4.40. <i>Effect size</i> DPK	265
Tabel 4.41. <i>Effect size</i> KBK	266
Tabel 4.42. <i>Effect size</i> KPM	266
Tabel 4.43. Analisis interaksi parsial X_1 , X_2 , dan Y	268
Tabel 4.44. Analisis pengaruh secara simultan X_1 , X_2 , dan Y	269
Tabel 4.45. Analisis <i>R Square</i> X_1 (KBK) dan X_2 (KPM) terhadap Y (DPK)	269
Tabel 4.46. Korelasi KBK (X_1) terhadap KPM (X_2)	270

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Tampilan website IRL Kartini	33
Gambar 2.2 Ilustrasi konsep IRL (https://irlkartini.brin.go.id)	33
Gambar 2.3. Kurva integral reaktivitas batang kendali (PSTA Batan, 2014)	49
Gambar 2.4. Kurva diferensial batang kendali (PSTA Batan, 2014)	49
Gambar 3.1. Paradigma penelitian	56
Gambar 3.2. <i>Embedded experimental model</i>	58
Gambar 4.1. Alur kegiatan IRL PULSTAR	115
Gambar 4.2. Alur program perkuliahan melalui NPIRL	117
Gambar 4.3. Tampilan IRL Kartini pada praktikum daya reaktor	122
Gambar 4.4. Contoh hasil analisis data pada salah satu kelompok mahasiswa yaitu grafik hubungan antara waktu terhadap laju kenaikan suhu	122
Gambar 4.5. IRL Kartini pada praktikum daya reaktor	126
Gambar 4.6. IRL Kartini pada praktikum kalibrasi batang kendali	131
Gambar 4.7. Contoh analisis data mahasiswa yaitu grafik posisi batang kendali terhadap reaktivitas (a) batang kendali pengatur, (b) batang kendali pengaman dan kompensasi	132
Gambar 4.8. IRL Kartini pada praktikum koefisien reaktivitas suhu bahan bakar	135
Gambar 4.9. Grafik hubungan antara nilai suhu bahan bakar dan nilai reaktivitas pada (a) batang kendali pengatur dan (b) kombinasi batang kendali pengatur dan kompensasi	136
Gambar 4.10. IRL Kartini pada praktikum koefisien reaktivitas suhu bahan bakar	139
Gambar 4.11. Grafik hubungan massa bahan bakar dan $1/C$	139
Gambar 4.12. Nilai rata-rata pertopik DPK pada kegiatan Praktikum	151
Gambar 4.13. Pola interaksi DPK, KBK, dan KPM	270
Gambar 4.14. Materi praktikum IRL (Batan, 2014)	278

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Silabus	297
Lampiran 2. Uji validitas tes DPK terintegrasi KBK dan tes PK terintegrasi KPM	307
Lampiran 3. Tes DPK terintegrasi KBK dan tes PK terintegrasi KPM	309
Lampiran 4. Tes Pra Laboratorium dan LKM	324
Lampiran 5. Lembar penilaian skala sikap.....	351
Lampiran 6. Pedoman Wawancara	353
Lampiran 7. Hasil Perhitungan N-Gain dan Uji beda DPK, KBK, dan KPM	355
Lampiran 8. Dokumentasi	364

DAFTAR PUSTAKA

- Abaniel, A. (2021). Enhanced conceptual understanding, 21st century skill and learning attitudes through an open inquiry learning model in Physics. *Journal of Technology and Science Education*. 11 (1), 30–43.
- Achuthan, K.; Raghavan, D.; Shankar, B.; Francis, S. P., & Kolil, V. K. (2021). Impact of remote experimentation, interactivity and platform effectiveness on laboratory learning outcomes. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 18 (38), 1-24. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00272-z>
- Alaydarous, A.; Marghilani, A.; Zaghieb, S.,; Khan, S., Al Towairqi, M., & Alsulimane, M. (2013). *Virtual Nuclear Laboratory for E-Learning*. 1–11.
- Alkhalidi, T.; Pranata, I., & Athauda, R. I. (2016). A review of contemporary virtual and remote laboratory implementations: observations and findings. *Journal of Computers in Education*, 3(3), 329–351. <https://doi.org/10.1007/s40692-016-0068-z>
- Amineh, R. J. & Asl, H. D. (2015). Review of Constructivism and Social Constructivism. *Journal of Social Sciences, Literature, and Languages*. 1, 9–16.
- Anderson, L.W.; Krathwohl, D.R.; Airasian, P.W.; Cruikshank, K.A.; Mayer, R.E.; Pintrich, P.R.; Raths, J.&Wittrock, M. C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. London: Longman.
- Arens, R. I. (2011). *Learning to Teach 9th ed*. New York: McGraw-Hill Education.
- Arsal, Z. (2017). The impact of inquiry-based learning on the critical thinking dispositions of pre-service science teachers. *International Journal of Science Education*. 37(10), 1326–1338.
- Arslan, A. (2014). Transition between Open and Guided Inquiry Instruction. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 141, 407–412. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.071>
- Asiri, Y.; David, M., & Weal, M. (2018). Digital Mobile-Based Behaviour Change Interventions to Assess and Promote Critical Thinking and Research Skills Among Undergraduate Students. *Interactive Mobile Communication Technologies and Learning*. 725, 155–166.
- Ataizi, M. & Donmez, M. (2014). BookReview: 21st Century Skills-Learningfor

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Life in Our Times. *Contemporary Educational Technology*. 5(3), 272–274.

Balart, D. F. C. (2017). On the Development of Nuclear Physics in Cuba. *Nuclear Physics News*. 27(4), 33–37.

Bancong, H. & Song, J. (2020). Exploring How Students Construct Collaborative Thought Experiments During Physics Problem-Solving Activities. *Science and Education*, 29(3), 617–645. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00129-3>

Barak, M. (2017). Science Teacher Education in the Twenty-First Century: a Pedagogical Framework for Technology-Integrated Social Constructivism. *Research in Science Education*. 47(2), 283–303. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9501-y>

Beckera, S; Klein, P; Gößling, A., & Kuhn, J. (2020). Using mobile devices to enhance inquiry-based learning processes. *Learning and Instruction*. 69 (101350), 1–14.

Beemt, A. vd.; Groothuijsen, S.; Ozkan, L. & Hendrix, W. (2022). Remote labs in higher engineering education: engaging students with active learning pedagogy. *Journal of Computing in Higher Education*. <https://doi.org/10.1007/s12528-022-09331-4>

Bhanthumnavin, D & Bhanthumnavin, V. (2014). The empirical development of cognitive, affective, and behavioral tendency measures of attitudes toward nuclear power plants in Thai university students. *Progress in Nuclear Energy*. 73, 86–95.

Bhute, V.J; Inguva, P; Shah, U; Brechtelsbauer, C. (2021). Transforming traditional teaching laboratories for effective remote delivery. *Education for Chemical Engineers*. 35, 96–104.

Bird, D. K.; Haynes, K.; Honer, R. v d; Aneney, J. M., & Poortinga, W. (2014). Nuclear power in Australia: A comparative analysis of public opinion regarding climate change and the Fukushima disaster. *Energy Policy*. 65, 644–653.

Brinson, J. R. (2015). Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. *Computers and Education*. 87, 218–237. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.003>

Brown, K. (2018). The effects of a university research reactor's outreach program on students' attitudes and knowledge about nuclear radiation. *Research in Science & Technological Education*. 36(4), 1–14.

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- Bruno, I.; Santos, L. & Costa, N. (2016). The way students' internalize assessment criteria on inquiry reports. *Studies in Educational Evaluation*. 51, 55–66. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2016.09.002>
- Bunterm, T.; Lee, K.; Ng Lan Kong, J.; Srikoon, S.; Vangpoomyai, P.; Rattanaovongsa, J., & Rachahoon, G. (2014). Do Different Levels of Inquiry Lead to Different Learning Outcomes? A comparison between guided and structured inquiry. *International Journal of Science Education*. 36(12), 1937–1959. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.886347>
- Cairns, D. (2019). Investigating the relationship between instructional practices and science achievement in an inquiry-based learning environment. *International Journal of Science Education*. 41(15), 2113–2135. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1660927>
- Cattaneo, K. (2017). Telling Active Learning Pedagogies Apart: from theory to practice. *Journal of New Approaches in Educational Research*. 6(2), 144–152.
- Ceberio, M.; Almudí, J. M. & Franco, Á. (2016). Design and Application of Interactive Simulations in Problem-Solving in University-Level Physics Education. *Journal of Science Education and Technology*. 25(4), 590–609. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9615-7>
- CEF (Creative Education Foundation). (2015). *Creative problem solvig resource guide*. Scituate: CEF.
- Chang, C.J.; Liu, C.C.; Wen, C.T., Tseng, L.W.; Chang, H.Y; Chang, H.H; Chiang, S.H.F; Hwang, F.K; Yang, C. (2020). The impact of light-weight inquiry with computer simulations on science learning in classrooms. *Computers & Education*, 146 (103770).
- Cheng, S.C.; She, H. C., & Huang, L. Y. (2018). The impact of problem-solving instruction on middle school students' physical science learning: Interplays of knowledge, reasoning, and problem solving. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 14 (3), 731–743. <https://doi.org/10.12973/ejmste/80902>
- Cherney, I.D; Winter, J.A & Cherney, M. (2005). Nuclear Physics Problem Solving: A Case Study of Expert-Novice Differences. *Transactions of the Nebraska Academy of Science*. 30, 9–15.
- Civelek, T.; Ucar, E.; Ustunel, H. & Aydin, M. K. (2014). Effects of Haptic Augmented Simulation on K-12 Students' Achievement and Their Attitudes Towards Physics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology*

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Education. 10 (6), 565–574.

- Cohen, J. (1969). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New York: Academic Press in Coe, Robert (2000). What is an Effect Size? A Guide for User. Draft version.
- Costa, A. L. (1985). *Developing Minds : A Resource Book for Teaching Thinking (Revised Edition, Volume 1)*. Virginia: ASCD.
- Creswell, J. W & Clark, V. L. P. (2007). *Designing and conducting mixed methods research*. New York: Sage Publication.
- Creswell, J.W & Guetterman, T.C, (2019). *Educational Research: Planning, Conducing, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research, 6th ed*. Boston: Pearson.
- Dahar, R. W. (2003). *Aneka Wacana Pendidikan Alam*. Bandung: Publikasi Terbatas
- Davis, G. A. (2004). *Creativity is Forever 5th Ed*. Iowa: Kendall Hunt Publishing.
- DeLong, K.; Harward, V. J.; Bailey, P.; Hardison, J.; Kohse, G., & Ostrocsky, Y. (2010). Three Online Neutron Beam Experiments Based on the iLab Shared Architecture. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*. 7(1), 1-6.
- Duit, R. (2014). Teaching and Learning the Physics Energy Concept. In A. Chen, R.F; Eisenkraft, A; Fortus, D; Krajcik, J; Neumann, K; Nordine, J; Scheff (Ed.), *Teaching and Learning of Energy in K – 12 Education* (pp. 67–85). Springer Cham. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1>
- Eddahby, M.; Harir, S., & Zouhair, A. (2019). The Student’s Conceptions about the Nuclear Fission and Fusion. *International Journal of Innovation and Research in Educational Sciences*. 4 (4), 441-445
- Ennis, R.H. (1996). Critical Thinking Dispositions: Their Nature and Assessability. *Informal Logic*, 18(2), 165–182.
- Ennis, R.H. (1989). Critical thinking and subject specificity: Clarification and needed research. *Educational Researcher*. 18, 4–10.
- Ennis, R.H. (1993). Critical thinking assessment. *Theory Into Practice*. 32 (3), 179–186. <https://doi.org/10.1080/00405849309543594>
- Eysenk, M. (2012). *Attention and Arousal: Cognition and Performance*. Berlin: Springer-Verlag.
- Fu, H. Z.; Chu, J., & Zhang, M. (2018). In-depth analysis of international

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

collaboration and inter-institutional collaboration in nuclear science and technology during 2006–2015. *Journal of Nuclear Science and Technology*. 55(1), 29–40. <https://doi.org/10.1080/00223131.2017.1383209>

Grododzki, J.; Ortel, T. R., & Tekkaya, A. E. (2018). Remote and Virtual Labs for Engineering Education 4.0: Achievements of the ELLI project at the TU Dortmund University. *Procedia Manufacturing*. 26, 1349–1360. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.126>

Guilford, J. P. (1965). *Fundamental Statistic for Student of Psichology and Education*. New York: Mc Graw Hill.

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.

Gunawan & Lilisari. (2012). Model Virtual Laboratory Fisika Modern untuk Meningkatkan Disposisi Berpikir Kritis Calon Guru. *Cakrawala*, 31 (2), 185–199.

Hachiya, M. & Akashi, M. (2016). Lessons learned from the accident at the Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant-more than basic knowledge: Education and its effects improve the preparedness and response to radiation emergency. *Radiation Protection Dosimetry*. 171 (1), 27–31. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncw182>

Hake. R. R. (1998). Interactive -engagement versus traditional methods: A six-thousand student survei of mechanics test data for introductory physics course. *American Journal Physics*. 66 (1), 64–67.

Haladyna, T. M., & Rodriguez, M. C. (2013). *Developing and Validating Test Items*. New York: Routledge.

Halpern, D. F. (2014). *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking* (5th ed.). Washington, DC: Psychology Press.

Hamid, H. K. & Dogar, S. R. (2016). A Comparative Study of Misconceptions of Physics Curriculum among the Students of 28 O-Level (University of Cambridge UK) and SSC Level (Pakistani National Curriculum 2006). *Journal of Research in Social Sciences-JRS*. 4 (1), 28–53.

Han, E. O; Kim, J.R & Choi, Y. S. (2014). Education Effects Of Radiation Woorc-Study Activities For Elementary, Middle, and High School Students. *Nuclear Engineering*. 46(3), 447–460.

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- Hartini, S & Liliyasi, S. (2020). Investigation in the introductory nuclear physics course for pre-service physics teachers. *Journal of Physics: Conference Series*. 1521, 022055.
- Hartini, S.; Liliyasi, S.; Sinaga, P.; & Abdullah, A. G. (2021). An investigation of critical thinking skill of pre-service physics teacher in the case of fission and fusion reactions. *Journal of Physics: Conference Series*. 1806(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012031>
- Hartini, S.; Abdullah, A. G.; Liliyasi, Sinaga, P.; Setiadipura, T. & Biddinika, M. K. (2021). Pre-Service Physics Teacher'S Knowledge and Attitude: an Investigation on Nuclear Science and Technology Topics. *Journal of Engineering Science and Technology*, 16, 26–33.
- Hedges, L.&Olkin, I. (1985). *Statistical Methods for Meta Analysis*. Massachusetts: Academic Press.
- Heller, P.&Heller, K. (2010). *Problem Solving Labs, in Cooperative Group Problem Solving in Physics*. Minneapolis: Departement of Physics University of Minnesota. <http://www.umn.org>.
- Heradio, R.; De La Torre, L.; Galan, D.; Cabrerizo, F. J.; Herrera-Viedma, E. & Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. *Computers and Education*. 98, 14–38. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.010>
- Holt, E. (2018). *Acknowledging Creative Thinking Skills Educating For A Creative Future*. UK: Erasmus and The Steiner Waldorf Schools Fellowship.
- Hull, M. M.; Kuo, E.; Gupta, A., & Elby, A. (2013). Problem-solving rubrics revisited: Attending to the blending of informal conceptual and formal mathematical reasoning. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*. 9 (1), 0101051–01010516.
- IAEA. (2016). *Developing Resources abd Activities on Nuclear Science and Technology for Secondary School Teachers and Students*. Viena: International Atomic Energy Agency.
- IRL Kartini. IRL BRIN-Reaktor Kartini. <https://irlkartini.brin.go.id/>.
- Jerrim, J.; Oliver, M., & Sims, S. (2022). Erratum: The relationship between inquiry-based teaching and students' achievement. New evidence from a longitudinal PISA study in England (*Learning and Instruction* (2019) 61 (35–44), (S095947521830361X), (10.1016/j.learninstruc.2018.12.004)). *Learning and Instruction*. 61, 35–44. [https://doi.org/\(S095947521830361X\), \(10.1016/j.learninstruc.2018.12.004\)\)](https://doi.org/(S095947521830361X), (10.1016/j.learninstruc.2018.12.004)))

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- Jho, H.; Yoon, H.G. & Kim, M. (2014). The relationship of science knowledge, attitude, and decision making on socioscientific issue: the case study of students' debates on a nuclear power plant in Korea. *Sci & Educ.* 23, 1131–1151.
- Jona, K.; Walter, A. D., & Pradhan, S. N. (2015). Designing remote labs for broader adoption. *Proceedings of 2015 12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2015, February*, 74–80. <https://doi.org/10.1109/REV.2015.7087266>
- Joyce, B.; Weil, M., & Calhoun, E. (2009). *Models of Teaching*. Boston: Allyn and Bacon.
- Karpudewan, M. & Chong, T. Y. (2018). Evaluating Radioactivity Remote Laboratory's Effectiveness in Learning Radioactivity Concepts. *Research in Science Education.* 50 (2) : 2243-2268
- Keil, W. & Sosa, C. (2020). A physics real remote laboratory practical work using the RA-0 nuclear reactor: Design and implementation. *International Conference on Research Reactors: Addressing Challenges and Opportunities to Ensure Effectiveness and Sustainability*.
- Klegeris, A.; McKeown, S. B.; Hurren, H.; Spielman, L. J.; Stuart, M., & Bahniwal, M. (2017). Dynamics of undergraduate student generic problem-solving skills captured by a campus-wide study. *Higher Education.* 74(5), 877–896. <https://doi.org/10.1007/s10734-016-0082-0>
- Kwan, Y. W., & Wong, A. F. (2015). Effects of the constructivist learning environment on students' critical thinking ability: Cognitive and motivational variables as mediators. *International Journal of Educational Research.* 70, 68–79.
- Kwok, T. F.; Yeung, C.H. & Xu, Y. (2017). Swaying public opinion on nuclear energy: Afield experiment in Hong Kong. *Utilities Policy.* 46, 48–57.
- Leung, D. Y. & Kember, D. (2003). The relationship between approaches to learning and reflection upon practice. *Educational Psychology.* 23(1), 61–71.
- Lowe, D.; Newcombe, P., & Stumpers, B. (2013). Evaluation of the Use of Remote Laboratories for Secondary School Science Education. *Research in Science Education.* 43(3), 1197–1219. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9304-3>
- Mah, D.N.; Hills, P., & Tao, J. (2014). Risk perception, trust, and public engagement in nuclear decision-making in Hongkong. *Energy Policy.* 73, 368–390.

- Malkawi, S. & Al-Araidah, O. (2013). Students' assessment of interactive distance experimentation in nuclear reactor physics laboratory. *European Journal of Engineering Education*. 38 (5), 512–518.
- Mufit, F; Asrizal, R. P. A. (2022). Experiment Video Analysis Integrastion To Enhance Conceptual Understanding Of Motion Kinematics. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*. 11 (4), 626–639. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i4.39333>
- National Research Council (NRC). (1996). *The Nnational Science Education Standars*. Washington, DC: National Academic Press.
- Neuman, W.L. (2006). *Social Research Methods: Qualitative and Quantitative Approaches* (6th ed.). London: Pearson.
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by States*. Washington, DC: The National Academic Press.
- Nguyen, V.P & Yim, M. S. (2018). Examination of different socioeconomic factors that contribute to the public acceptance of nuclear energy. *Nuclear Engineering and Technology*. 50, 767–772.
- Nivalainen, V.; Asikainen, M. A., & Hirvonen, P. E. (2013). Open Guided Inquiry Laboratory in Physics Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*. 24(3), 449–474. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9316-x>
- Nuclear Science Advisory Committee (NSCA). (2004). *Education in Nuclear Science A Status Report and Recommendations for the Beginning of the 21st Century*. Washinton DC; NSCA
- OECD. (2015). *Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving (revised edition)*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2016a). *PISA 2015 Assessment and analytical framework: Science, reading, mathematics and financial literacy*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2016b). *PISA 2015 results in focus*. Paris: OECD Publishing.
- Post, L. S; Guo, P; Saab, N & Admiraal, W. (2019). Effects of remote labs on cognitive, behavioral, and afective learning outcomes in higher education. *Computers & Education*. 140, 2–9.
- PSTA Batan. (2014). *Petunjuk Praktikum Fisika Nuklir*. Yogyakarta: PSTA Batan.
- Reddy, M. V. B. & Panacharoensawad, B. (2017). Students Problem-Solving

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Difficulties and Implications in Physics: An Empirical Study on Influencing Factors. *Journal of Education and Practice*. 8(14), 59–62.

Roh, S. & Kim, D. (2017). Effect of Fukushima accident on public acceptance of nuclear energy (Fukushima accident and nuclear public acceptance). *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*. 12 (6): 559-564.

Ruseffendi. (1998). *Statistika Dasar Untuk Penelitian Pendidikan*. Bandung: Penerbit IKIP BANDUNG PRESS.

Saldikov, I. S.; Afa, N. V. V; Petrov, V. I., & Ternovykh, M. Y. (2017). Open web system of virtual labs for nuclear and applied physics. *Journal of Physics: Conference Series*. 781 (1): 012056.

Savelsbergh, E. R.; De Jong, T., & Ferguson-Hessler, M. G. M. (2011). Choosing the right solution approach: The crucial role of situational knowledge in electricity and magnetism. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. 7 (1), 1–12. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.7.010103>

Scott, C. L. (2015). *The Futures of Learning 3: what kind of pedagogies for the 21st century?*. Paris: Education Research and Foresight Working Papers, UNESDOC Digital Library

Shekhar, P.; Prince, M.; Finelli, C.; Demonbrun, M & Waters, C. (2019). Integrating quantitative and qualitative research methods to examine student resistance to active learning. *European Journal of Engineering Education*. 44(1–2), 6–18.

Sinaga, P.; Setiawan, W., & Liana, M. (2022). The impact of electronic interactive teaching materials (EITMs) in e-learning on junior high school students' critical thinking skills. *Thinking Skills and Creativity*. 46 (101066).

Sparavigna, A. C., & Marazzato, R. (2014). Experiments on Radioactivity in a Student Laboratory. *International Journal of Sciences*. 3(2), 7–11.

Srisawasdi, N. & Kroothkeaw, S. (2014). Supporting Students' Conceptual Development of Light Refraction by Simulation-Based Open Inquiry with Dual-Situated Learning Model. *J. Comput, Educ*. 1(1), 49–79.

Stefanelli; Seidl, R. & Siegrist, M. (2017). *The discursive politics of nuclear waste: Rethinking participatory approaches and public perceptions over nuclear waste storage repositories in Switzerland*. *Energy Research & Social Science*. 34, 72–81.

Stephenson, N. S. & McKnight, N. P. S. (2016). Developing critical thinking skills

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

using science writing heuristic in chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*. 17, 72–79.

Stiggin, R. J. (1994). *Student-Center Classroom Assessment*. New York: McMillan Collage Publishing Company.

Sudjana, N. (2003). *Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.

Sui, C. J.; Chen, H. C.; Cheng, P. H., & Chang, C. Y. (2023). The Go-Lab Platform, an Inquiry-learning Space: Investigation into Students' Technology Acceptance, Knowledge Integration, and Learning Outcomes. *Journal of Science Education and Technology*. 32(1), 61–77. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-10008-x>

Sullivan, S; Gnesdilow, D., & Puntambekar, S. (2017). Middle school students' learning of mechanics concepts through engagement in different sequences of physical and virtual experiments. *International Journal of Science Education*. 39(12), 1573–1600.

Sun, C.; Zhu, X., & Meng, X. (2014). Post-Fukushima public acceptance on resuming the nuclear power program in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 62, 685–694.

Sunyoto, D. (2012). *Model Analisis Jalur untuk Riset Ekonomi*. Bandung: Yrama Widya.

Swanson, H. & Collins, A. (2018). How failure is productive in the creative process: Refining student explanations through theory-building discussion. *Thinking Skills and Creativity*. 30, 54–63.

Syarip, S.; Abimanyu, A.; Hidayat, U. S.; Taxwim, & Wahvono, P. I. (2018). Development of Internet Reactor Laboratory Using Kartini Reactor for Training and Education. *2018 Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar, EECCIS 2018*, 411–414. <https://doi.org/10.1109/EECCIS.2018.8692985>

Szott, A. (2014). Open-ended Laboratory Investigations in a High School Physics Course: The difficulties and rewards of implementing inquiry-based learning in a physics lab. *The Physics Teacher*. 52 (1), 17–21. <https://doi.org/10.1119/1.4849147>

Taxwim; Wahyono, P.I; Biddinika, M.K; Widodo, S; Aziz, M., & Takahashi, M. (2019). Strengthening scientific literacy on nuclear reactor and its application through Nuclear School. *Journal of Physics: Conference Series*, 1175 (1

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

(012168)).

- Taxwim; Hidayat, U. S.; Susanto, T. H.; Subchan, M.; Sugianto, E.; Anugerah, A. F.; Aufani, N.; Baskoro, Z.; Satria, R. & Karsono, W. (2020). The current status of the internet reactor laboratory kartini research reactor for distance learning especially for higher education. *Journal of Physics: Conference Series*. 1436 (1), 012088. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1436/1/012088>
- Thaiposri, P. & Wannapiroon, P. (2015). Enhancing students' critical thinking skills through teaching and learning by inquiry-based learning activities using social network and cloud computing. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 174, 2137 – 2144.
- Theyßen, H.; Struzyna, S.; Mylott, E. & Widenhorn, R. (2016). Online Physics Lab Exercises—a Binational Study on the Transfer of Teaching Resources. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 14, 865–883.
- Tiftikci, A. & Kocar, C. (2010). Virtual Radiation Detection and Measurement Laboratory. *Computer Applications in Engineering Education*. 21 (3), 550-560
- Tiruneh, D. T.; Cock, M. D; Weldeslassie, A. G.; Elen, J., & Janssen, R. (2016). Measuring Critical Thinking in Physics: Development and Validation of a Critical Thinking Test in Electricity and Magnetism. *Int J of Sci and Math Educ*. 15, 663–682.
- Tiruneh, D. T.; De Cock, M. & Elen, J. (2017). Designing Learning Environments for Critical Thinking: Examining Effective Instructional Approaches. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 16 (6), 1065–1089. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9829-z>
- Tlaczala, W.; Grajner, G. & Zaremba, M. (2008). Virtual Laboratory With Simulated Nuclear Physics Experiments. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 57, 8.
- Tsaparlis, G.; Hartzavalos, S. & Nakiboğlu, C. (2013). Students' Knowledge of Nuclear Science and Its Connection with Civic Scientific Literacy in Two European Contexts: The Case of Newspaper Articles. *Science and Education*. 22 (8), 1963–1991. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9578-5>
- Viegas, C.; Pavani, A.; Lima, N.; Marques, A.; Pozzo, I.; Dobboletta, E.; Atencia, V.; Barreto, D. C. F.; Fidalgo, A.; Lima, D.; Temporão, G., & Alves, G. (2018). Impact of a remote lab on teaching practices and student learning. *Computers & Education*. 126, 201–216.
- Voudoukis, N. & Oikonomidis, S. (2017). Inverse Square Law for Light and

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Radiation: A Unifying Educational Approach. *European Journal of Engineering Research and Science*. 2(11), 23–27.

Wan, T. (2022). Investigating student reasoning about measurement uncertainty and ability to draw conclusions from measurement data in inquiry-based university physics labs. *International Journal of Science Education*. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2156824>

Wattimena, H. S.; Suhandi, A. & Setiawan, A. (2014). Pengembangan Perangkat Perkuliahan Eksperimen Fisika untuk Meningkatkan Kreativitas Mahasiswa Calon Guru Fisika dalam Mendesain Kegiatan Praktikum di SMA. *Jurnal Fisika Indonesia*, 10 (2), 128–139.

Wenning, C. J. (2005). Levels of inquiry: Hierarchies of pedagogical practices and inquiry processes. *J. Phys. Teach. Educ. Online*. 2(3), 3–12.

Winarto; Sarwi, S.; Cahyono, E., & Sumarni, W. (2022). Developing a Problem-Solving Essay Test Instrument (PSETI) in the Instruction of Basic Science Concepts in Ethnoscience Context. *Journal of Turkish Science Education*. 19 (1), 37–51. <https://doi.org/10.36681/tused.2022.108>

Wu, J.; Guo, R.; Wang, Z. & Zeng, R. (2021). Integrating spherical video-based virtual reality into elementary school students' scientific inquiry instruction: effects on their problem-solving performance. *Interactive Learning Environments*, 29 (3), 496–509. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1587469>

Yacoubian, H. A. (2015). A Framework for Guiding Future Citizens to Think Critically About Nature of Science and Socioscientific Issues. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*. 15(3), 248–260.

Yakovlev, D.; Pryakhin, A. & Medvedeva, L. (2017). Overview of Codes and Tolls for Nuclear Engineering Education. *AIP Conference Proceedings*, 1797(020019).

Yazdanpanah, K. (2007). The effect of background knowledge and reading comprehension test items on male and female performance. *The Reading Matrix*. 7 (2), 64–80.

Yeung, S. (2015). Conception of teaching higher order thinking: perspectives of Chinese teachers in Hong Kong. *Curriculum Journal*. 26 (4), 553–578. <https://doi.org/10.1080/09585176.2015.1053818>

Yuan, X.; Zuo; Ma, J.R. & Wang, Y. (2017). How would social acceptance affect nuclear power development? A study from China. *Journal of Cleaner*

Sri Hartini, 2003

Pengembangan Program Perkuliahan Fisika Inti Melalui Nuclear Physics Inquiry Remote Laboratory Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Mahasiswa

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Production. 163, 179–186.

- Ziyokhonovna, G.N. (2020). Didactic bases of teaching “Physics of atomic and nuclear structure” in continuous physics education. *International Journal on Integrated Education*, 3(9), 56–58. <https://doi.org/10.31149/ijie.v3i9.588>
- Zohar, A. & Agmon, A. V. (2018). Raising test scores vs. teaching higher order thinking (HOT): senior science teachers’ views on how several concurrent policies affect classroom practices. *Research in Science and Technological Education*. 36(2), 243–260. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1395332>
- Zohar, B. R. & Trumper, R. (2020). The Influence of Inquiry-Based Remote Observations via Powerful Optic Robotic Telescopes on High School Students’ Conceptions of Physics and of Learning Physics. *Journal of Science Education and Technology*. 29 (5), 635–645. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09842-8>.