

**PENGEMBANGAN *BIFOCAL MODELING TOOLS* BERBASIS APLIKASI
ANDROID BM-PHY UNTUK IMPLEMENTASI *INQUIRY LABORATORY*
FISIKA YANG BERORIENTASI PENINGKATAN KETERAMPILAN
INKUIRI, KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS, DAN LEVEL
PEMAHAMAN KONSEP PESERTA DIDIK**

DISERTASI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat untuk Memperoleh Gelar Doktor
Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam



Oleh
Sunardi
1803642

**PROGRAM STUDI DOKTOR PENDIDIKAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2023

**PENGEMBANGAN *BIFOCAL MODELING TOOLS* BERBASIS APLIKASI
ANDROID BM-PHY UNTUK IMPLEMENTASI *INQUIRY LABORATORY*
FISIKA YANG BERORIENTASI PENINGKATAN KETERAMPILAN
INKUIRI, KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS, DAN LEVEL
PEMAHAMAN KONSEP PESERTA DIDIK**

Oleh

SUNARDI

Dr. Pendidikan IPA Universitas Pendidikan Indonesia, 2023
M.Sc. Energy & Environmental Science University of Twente, 2015
M.I.L. Ilmu Lingkungan Universitas Padjadjaran, 2014
S.Pd. Pendidikan Fisika Universitas Pendidikan Indonesia, 2003

© Sunardi
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

HALAMAN PENGESAHAN

Sunardi

**PENGEMBANGAN *BIFOCAL MODELING TOOLS* BERBASIS APLIKASI
ANDROID BM-PHY UNTUK IMPLEMENTASI *INQUIRY LABORATORY*
FISIKA YANG BERORIENTASI PENINGKATAN KETERAMPILAN
INKUIRI, KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS, DAN LEVEL
PEMAHAMAN KONSEP PESERTA DIDIK**

Disetujui dan disahkan oleh panitia disertasi:

Promotor



Prof. Dr. Andi Suhandi, S.Pd., M.Si.
NIP. 196908171994031003

Ko-Promotor



Prof. Dr. Deni Darmawan, S.Pd., M.Si., M.Kom., MCE
NIP. 197111281998011001

Anggota



Dr. Muslim, M.Pd.
NIP. 196406061990031003

**Ketua Program Studi Doktor Pendidikan IPA
Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Pendidikan Indonesia**



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

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi yang berjudul “**Pengembangan Bifocal Modeling Tools Berbasis Aplikasi Android BM-PHY untuk Implementasi Inquiry Laboratory Fisika yang Berorientasi Peningkatan Keterampilan Inkuiri, Keterampilan Berpikir Kritis, dan Level Pemahaman Konsep Peserta Didik**” beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan tersebut, saya siap menanggung resiko yang dijatuhkan kepada saya apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini atau ada klaim dari pihak lain terhadap karya saya ini.

Bandung, Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,

Sunardi

**PENGEMBANGAN *BIFOCAL MODELING TOOLS* BERBASIS APLIKASI
ANDROID *BM-PHY* UNTUK IMPLEMENTASI *INQUIRY LABORATORY*
FISIKA YANG BERORIENTASI PENINGKATAN KETERAMPILAN
INKUIRI, KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS, DAN LEVEL
PEMAHAMAN KONSEP PESERTA DIDIK**

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi rendahnya keterampilan inkuiri, keterampilan berpikir kritis, dan pemahaman konsep peserta didik untuk materi-materi fisika abstrak dan teoretis terkait minimnya intensitas praktikum akibat keterbatasan dan/atau ketiadaan alat praktikum yang memadai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan *bifocal modeling tools* berbasis aplikasi *Android BM-PHY* untuk implementasi *inquiry laboratory* fisika yang berorientasi peningkatan keterampilan inkuiri, keterampilan berpikir kritis, dan level pemahaman konsep peserta didik pada jenjang SMA/MA. *Bifocal modeling tools* berbasis *BM-PHY* adalah alat praktikum fisika yang terdiri atas kit praktikum fisika standar, perangkat antarmuka (sensor), dan perangkat luaran (*smartphone Android*) yang menampilkan data dan/atau visualisasi fisis dengan aplikasi *Android BM-PHY* berdasarkan pembacaan sensor secara *real-time*. Penelitian ini menggunakan metode *research and development (R&D)* dengan model *ADDIE*. Penelitian ini dilakukan di salah satu Madrasah Aliyah di Kabupaten Bandung pada tahun akademik 2022/2023. Subjek penelitian adalah peserta didik kelompok eksperimen kelas X berjumlah 18 orang dan kelas XI berjumlah 17 orang dan peserta didik kelompok kontrol kelas X berjumlah 17 orang dan kelas XI berjumlah 19 orang. Data dikumpulkan melalui *pretest* dan *posttest* dengan instrumen tes keterampilan inkuiri (TKI), tes keterampilan berpikir kritis (TKBK), dan tes level pemahaman konsep (TLPK). Analisis data *N-gain* TKI, TKBK, dan TLPK menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan inkuiri kelompok eksperimen berkategori sedang untuk materi ayunan bandul sederhana dan berkategori tinggi untuk materi teori kinetik gas serta lebih tinggi dari kelompok kontrol; peningkatan keterampilan berpikir kritis kelompok eksperimen berkategori tinggi untuk materi ayunan bandul sederhana dan teori kinetik gas serta lebih tinggi dari kelompok kontrol; peningkatan level pemahaman konsep kelompok eksperimen berkategori tinggi untuk materi ayunan bandul sederhana dan teori kinetik gas serta lebih tinggi dari kelompok kontrol. Uji *Cohen's d* menunjukkan bahwa implementasi *inquiry laboratory* fisika dengan menggunakan *bifocal modeling tools* berbasis *BM-PHY* berpengaruh kuat dalam meningkatkan keterampilan inkuiri, keterampilan berpikir kritis, dan level pemahaman konsep peserta didik. Efektivitas implementasi *inquiry laboratory* fisika dengan menggunakan *bifocal modeling tools* berbasis *BM-PHY* berkategori rendah dalam meningkatkan keterampilan inkuiri untuk materi ayunan bandul harmonis sederhana dan sedang untuk materi teori kinetik gas; berkategori tinggi dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis untuk materi ayunan bandul harmonis sederhana dan teori kinetik gas; berkategori sedang dalam meningkatkan level pemahaman konsep untuk materi ayunan bandul harmonis sederhana dan teori kinetik gas.

Kata-kata kunci: *Bifocal Modeling Tools*, Aplikasi *Android BM-PHY*, *Inquiry Laboratory* Fisika, Keterampilan Inkuiri, Keterampilan Berpikir Kritis, Level Pemahaman Konsep

DEVELOPMENT BM-PHY-BASED BIFOCAL MODELING TOOLS FOR IMPLEMENTATION OF PHYSICS INQUIRY LABORATORY ORIENTED TO IMPROVE INQUIRY SKILLS, CRITICAL THINKING SKILLS, LEVEL OF UNDERSTANDING OF STUDENTS

ABSTRACT

This research was done based on the facts that inquiry skills, critical thinking skills, and conceptual understanding level of students dealing with abstract and theoretical physics subjects are low due to the limitation of physics practicum implementation caused by the lack and/or absence of adequate practicum tools. This research aimed to develop BM-PHY-based bifocal modeling tools for being implemented in a physics inquiry laboratory learning oriented to improve inquiry skills, critical thinking skills, and conceptual understanding level of senior high school students. BM-PHY-based bifocal modeling tools are physics practicum tools consisting of standardized experimental physics tools, interface (sensor), and output devices (Android smartphones) which display data and/or visualization by using an Android application called BM-PHY based on sensor reading in real-time. This research utilized research and development (R&D) method by using ADDIE model. This research was conducted in an islamic senior high school in Bandung District academic year of 2022/2023. The research subjects were classified into experimental group consisting of 18 students in class X and 17 students in class XI and control group consisting of 17 students in class X and 19 students in class XI. Data in this research was collected through pretest and posttest by using test instruments for measuring inquiry skills, critical thinking skills, and conceptual understanding level. Analysis to normalized inquiry skills, critical thinking skills, and conceptual understanding level scores (N-gain) revealed that the increase in inquiry skills of experimental group is categorized medium simple harmonic motion of pendulum subject and categorized high for kinetic theory of gases subject and is higher than that of control group; the increase in critical thinking skills of experimental group is categorized high for both simple harmonic motion of pendulum kinetic theory of gases subjects and is higher than that of control group; the increase in conceptual understanding level of experimental group is categorized high for both simple harmonic motion of pendulum kinetic theory of gases subjects and is higher than that of control group. Cohen's d test revealed that the implementation of physics inquiry laboratory by using BM-PHY-based bifocal modeling tools has strong effect in improving the inquiry skills, critical thinking skills, and conceptual understanding level of students. Effectivity of physics inquiry laboratory implementation by using BM-PHY-based bifocal modeling tools is categorized low in improving inquiry skills for simple harmonic motion of pendulum subject, categorized medium for kinetic theory of gases subject; categorized high in improving critical thinking skills for both simple harmonic motion of pendulum and kinetic theory of gases subjects; categorized medium in improving the level of conceptual understanding for both simple harmonic motion of pendulum kinetic theory of gases subjects.

Kata-kata kunci: *Bifocal Modeling Tools, Android Application BM-PHY, Physics Inquiry Laboratory, Inquiry Skills, Critical Thinking Skills, Conceptual Understanding Level*

KATA PENGANTAR

Puji syukur bagi Allah SWT yang telah memberikan karunia, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan disertasi yang berjudul **“Pengembangan *Bifocal Modeling Tools* Berbasis Aplikasi *Android BM-PHY* untuk Implementasi *Inquiry Laboratory* Fisika yang Berorientasi Peningkatan Keterampilan Inkuiri, Keterampilan Berpikir Kritis, dan Level Pemahaman Konsep Peserta Didik”**

Pemahaman konsep dan keterampilan inkuiri merupakan salah satu komponen hasil pembelajaran yang seharusnya dibekalkan kepada peserta didik melalui pembelajaran fisika. Sementara itu, keterampilan berpikir kritis merupakan salah satu bagian dari keterampilan abad 21 yang telah menjadi bagian tak terpisahkan dalam proses pembelajaran di era modern sekarang ini. *Bifocal modeling tools* berbasis aplikasi *Android BM-PHY* yang menerapkan teknologi *Internet of Things (IoT)* dapat menjadi solusi untuk memfasilitasi peserta didik berinkuiri, sehingga peserta didik dapat meningkatkan keterampilan inkuiri, keterampilan berpikir kritis, dan level pemahaman konsep peserta didik. Khususnya untuk materi-materi fisika abstrak dan teoretis yang kit praktikumnya terbatas atau bahkan tidak ada di sekolah-sekolah.

Besar harapan penulis agar disertasi ini dapat memberikan tambahan pengetahuan bagi dunia pendidikan pada umumnya dan khususnya dalam bidang pendidikan IPA atau Fisika, yang di kemudian hari dapat diadopsi, diadaptasi, dan dikembangkan dengan lebih baik guna perbaikan proses pembelajaran IPA atau fisika pada jenjang SMA/MA.

Akhir kata, semoga Allah SWT selalu memberikan ridho-Nya dan menjadikan pengetahuan yang penulis dapatkan selama ini sebagai ilmu yang bermanfaat bagi khalayak. Amiin.

Bandung, Agustus 2023

Sunardi

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji syukur senantiasa penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang atas perkenan-Nya disertasi ini dapat terselesaikan. Proses penulisan disertasi ini juga tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dukungan, dan partisipasi banyak pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Dr. Andi Suhandi, S.Pd., M.Si., selaku promotor atas arahan, bimbingan, serta dukungan kepada penulis selama pelaksanaan penelitian dan penulisan disertasi ini.
2. Prof. Dr. Deni Darmawan, S.Pd., M.Si., M.Kom., MCE selaku ko-promotor atas motivasi, arahan, dukungan kepada penulis selama pelaksanaan penelitian dan penulisan disertasi ini.
3. Dr. Muslim, M.Pd., selaku anggota promotor yang telah membimbing, mengarahkan, dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan studi dan menyelesaikan penulisan disertasi ini.
4. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP), selalu lembaga yang telah memberikan beasiswa penuh, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi.
5. Dr. (H.C.) H. Mochamad Ridwan Kamil, S.T., M.U.D., selaku Walikota Bandung Periode 2013 – 2018 yang telah memberikan tugas belajar kepada penulis pada Program Studi Doktor Pendidikan IPA Universitas Pendidikan Indonesia.
6. Prof. Dr. Ida Kaniawati, M.Si., selaku ketua Program Studi Pendidikan IPA FPMIPA UPI beserta staf akademik yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan kemudahan kepada penulis dalam menyelesaikan studi.
7. Prof. Dr. H. Chaerul Rochman, M.Pd., CIQaR selaku tim ahli dan sekaligus penguji yang telah memberikan penilaian (*expert judgment*) terhadap instrumen penelitian ini serta saran perbaikan disertasi.
8. Arif Hidayat, S.Pd., M.Si., Ph.D.Ed., selaku tim ahli yang telah memberikan penilaian (*expert judgment*) terhadap instrumen penelitian disertasi ini.
9. Dr. Ma'ruf, S.Pd., M.Pd., selaku tim ahli yang telah memberikan penilaian (*expert judgment*) terhadap instrumen penelitian disertasi ini.

10. Wini Windiani, S.Si., M.Pd., selaku tim ahli yang telah memberikan penilaian (*expert judgment*) terhadap instrumen penelitian disertasi ini.
11. Indah Widyawati, S.Si., M.I.L., selaku tim ahli yang telah memberikan penilaian (*expert judgment*) terhadap instrumen penelitian disertasi ini.
12. Seluruh Dosen Program Studi S3 Pendidikan IPA dan FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk belajar dan menambah pengetahuan, pengalaman serta wawasan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi.
13. Ibu Nita Hidawati, K. S.Pd., M.M.Pd., selaku Kepala Sekolah SMP Negeri 21 Bandung yang telah memfasilitasi penulis untuk memperoleh beasiswa tugas belajar dari LPDP.
14. Para Kepala Sekolah SMP Negeri 21 Bandung, yang telah berjasa memfasilitasi pemenuhan administrasi kepegawaian penulis selama saya melaksanakan tugas belajar menempuh pendidikan S3 Pendidikan IPA di Universitas Pendidikan Indonesia.
15. Bapak Dodi Sunardi, S.Pd., M.M.Pd., selaku Pengawas Dinas Pendidikan Kota Bandung yang senantiasa memberikan dukungan selama penulis mengikuti pendidikan S3 Pendidikan IPA di Universitas Pendidikan Indonesia.
16. Bapak Ahmad Sopyan, M.Pd. selaku Pengawas Pembina SMP Negeri 21 Bandung yang senantiasa memberikan dukungan selama penulis mengikuti pendidikan S3 Pendidikan IPA di Universitas Pendidikan Indonesia.
17. Para guru dan staf tata usaha SMP Negeri 21 Bandung yang memberikan dukungan selama penulis mengikuti pendidikan S3 Pendidikan IPA di Universitas Pendidikan Indonesia.
18. Sri Ramdhani Suryana, S.Kom. selaku istri tercinta yang selalu berdoa dan memberikan dukungan serta motivasi agar penulis dapat menyelesaikan pendidikan S3 Pendidikan IPA di Universitas Pendidikan Indonesia.
19. Daffa Aidan Hossami Sunardi dan Ghazi Keiran Iniesta Sunardi selaku anak yang selalu menjadi penyemangat bagi penulis dalam setiap aktivitas terkait pendidikan S3 Pendidikan IPA di Universitas Pendidikan Indonesia.

20. Teman seperjuangan Sujito, S.Pd., M.Si. dan Sri Hartini, S.Pd., M.Si. yang selalu saling memberikan dukungan dan motivasi untuk menyelesaikan pendidikan S3 IPA di Universitas Pendidikan Indonesia.
21. Arie Insany, S.Si., S.Pd. teman kuliah semasa menempuh pendidikan S1 di FPMIPA UPI yang selalu memberikan dukungan dan motivasi untuk menyelesaikan pendidikan S3 IPA di Universitas Pendidikan Indonesia.
22. Rekan-rekan mahasiswa S3 Program Studi Pendidikan IPA, khususnya angkatan 2017 dan 2018 yang telah memberikan dukungan, bantuan dan motivasi selama penulis mengikuti pendidikan S3 Pendidikan IPA di Universitas Pendidikan Indonesia.

Semoga segala amal kebaikan yang telah diperbuat dalam membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan disertasi ini mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amiin.

Bandung, Agustus 2023

Sunardi

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN DISERTASI	i
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian	13
1.3. Tujuan Penelitian.....	14
1.4. Manfaat Penelitian.....	14
1.5. Definisi Operasional.....	15
1.6. Struktur Organisasi Disertasi	18
BAB II KAJIAN PUSTAKA	19
2.1 Keterampilan Inkuiri	19
2.2 Keterampilan Berpikir Kritis.....	26
2.3 Level Pemahaman Konsep	31
2.4 Praktikum Fisika	36
2.5 <i>Bifocal Modeling Tools</i>	41
2.6 Teknologi <i>Internet of Things (IoT)</i> yang Digunakan untuk Mengembangkan <i>Bifocal Modeling Tools</i>	44
2.6.1 <i>Raspberry Pi</i>	45
2.6.2 <i>NodeMCU</i>	47
2.7 Hubungan Praktikum <i>Bifocal Modeling</i> dengan Keterampilan Inkuiri, Keterampilan Berpikir Kritis, dan Level Pemahaman Konsep	49
2.8 Karakteristik Materi Ayunan Bandul Harmonis Sederhana dan Teori Kinetik Gas.....	52

2.8.1 Materi Ayunan Bandul Harmonis Sederhana	52
2.8.2 Materi Teori Kinetik Gas	56
2.9 Kerangka Pikir Penelitian.....	61
BAB III METODE PENELITIAN.....	66
3.1 Desain Penelitian.....	66
3.1.1 Tahapan <i>Analyze</i>	68
3.1.2 Tahapan <i>Design</i>	70
3.1.3 Tahapan <i>Develop</i>	71
3.1.1 Tahapan <i>Implement</i>	97
3.2 Subjek dan Variabel Penelitian	99
3.2.1 Subjek Penelitian	99
3.2.2 Variabel Penelitian	99
3.3 Teknik Pengumpulan Data	99
3.3.1 Observasi	100
3.3.2 Tes Tertulis	100
3.3.3 Skala Sikap	101
3.4 Teknik Analisis Data.....	101
3.4.1 Jenis Data	101
3.4.2 Analisis Data	101
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN.....	108
4.1 Temuan Penelitian.....	108
4.1.1 Hasil Analisis Kebutuhan Pengembangan <i>Bifocal Modeling Tools</i> Berbasis Aplikasi <i>Android BM-PHY</i> untuk Implementasi <i>Inquiry Laboratory</i> Fisika	108
4.1.2 Hasil Pengembangan <i>Bifocal Modeling Tools</i> Berbasis Aplikasi <i>Android BM-PHY</i> dan Perangkat Pembelajaran untuk Implementasi <i>Inquiry Laboratory</i> Fisika.....	126
4.1.3 Hasil Implementasi <i>Inquiry Laboratory</i> Fisika dengan Menggunakan <i>Bifocal Modeling Tools</i> Berbasis Aplikasi <i>Android BM-PHY</i>	156
4.2 Pembahasan	200
4.2.1 Karakteristik <i>Bifocal Modeling Tools</i> Berbasis Aplikasi <i>Android BM-PHY</i>	200
4.2.2 Peningkatan Keterampilan Inkuiri Peserta Didik	205

4.2.3 Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik	207
4.2.4 Peningkatan Level Pemahaman Konsep Peserta Didik	210
4.2.5 Pengaruh Implementasi <i>Inquiry Laboratory</i> Fisika dengan Menggunakan <i>Bifocal Modeling Tools</i> Berbasis Aplikasi <i>Android BM-PHY</i>	216
4.2.6 Efektivitas Implementasi <i>Inquiry Laboratory</i> Fisika dengan Menggunakan <i>Bifocal Modeling Tools</i> Berbasis Aplikasi <i>Android BM-PHY</i>	217
4.2.7 Tanggapan Peserta Didik dan Guru Terhadap Implementasi <i>Inquiry Laboratory</i> Fisika dengan Menggunakan <i>Bifocal Modeling Tools</i> Berbasis Aplikasi <i>Android BM-PHY</i>	219
4.3 Keunggulan dan Kelemahan	221
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI	224
5.1. Simpulan.....	224
5.2. Implikasi.....	227
5.3. Rekomendasi	227
DAFTAR PUSTAKA	229
LAMPIRAN	242

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Level keterbukaan aktivitas pembelajaran <i>inquiry laboratory</i>	22
Tabel 2. 2	Aspek dan indikator keterampilan inkuiri menurut <i>NSES</i>	23
Tabel 2. 3	Indikator-indikator keterampilan inkuiri berdasarkan <i>Science Inquiry Skills Framework</i> dari <i>NGSS</i>	24
Tabel 2. 4	Beberapa instrumen untuk mengukur keterampilan berpikir kritis .	29
Tabel 2. 5	Indikator keterampilan berpikir kritis Ennis	29
Tabel 2. 6	Capaian spesifik keterampilan berpikir kritis Tiruneh et al. (2016)	30
Tabel 2. 7	Indikator dan sub indikator tes level pemahaman konsep yang dikembangkan oleh Ma'ruf & Lestari (2019).....	34
Tabel 2. 8	Rubrik penilaian tes level pemahaman konsep yang dikembangkan oleh Abraham <i>et al.</i> (1992)	35
Tabel 2. 9	Rubrik penilaian tes level pemahaman konsep yang dikembangkan oleh Saricayir <i>et al.</i> (2016).....	35
Tabel 2. 10	Rubrik penilaian tes level pemahaman konsep yang dikembangkan oleh Nadhor & Taqwa (2020)	36
Tabel 2. 11	Beberapa produk penelitian pengembangan praktikum fisika yang memanfaatkan TIK	39
Tabel 2. 12	Beberapa produk penelitian pengembangan media simulasi <i>PhET (Physics Education Technology)</i> dan multimedia interaktif..	40
Tabel 2. 13	Topik materi fisika ayunan bandul harmonis sederhana.....	53
Tabel 2. 14	Topik materi fisika teori kinetik gas	57
Tabel 3. 1	Kisi-kisi soal TKI.....	74
Tabel 3. 2	Rubrik penilaian TKI	75
Tabel 3. 3	Kisi-kisi soal TKBK ayunan bandul harmonis sederhana	76
Tabel 3. 4	Kisi-kisi soal TKBK teori kinetik gas.....	77
Tabel 3. 5	Kisi-kisi soal TLPK ayunan bandul harmonis sederhana.....	78
Tabel 3. 6	Kisi-kisi soal TLPK teori kinetik gas	79
Tabel 3. 7	Pedoman penskoran tes level pemahaman konsep (TLPK).....	80
Tabel 3. 8	Nilai <i>CVR</i> minimum Lawshe	83

Tabel 3. 9	Rekapitulasi hasil <i>expert judgment</i> dan nilai <i>CVR</i> rancangan <i>bifocal modeling tools</i> berbasis aplikasi <i>Android BM-PHY</i>	84
Tabel 3. 10	Rekapitulasi hasil <i>expert judgment</i> dan nilai <i>CVR</i> lembar kegiatan peserta didik (LKPD).....	85
Tabel 3. 11	Rekapitulasi hasil <i>expert judgment</i> dan nilai <i>CVR</i> tes level pemahaman konsep.....	86
Tabel 3. 12	Rekapitulasi <i>Pearson's product-moment correlation</i> TLPK untuk materi ayunan bandul harmonis sederhana	87
Tabel 3. 13	Rekapitulasi <i>Pearson's product-moment correlation</i> TLPK untuk materi teori kinetik gas	87
Tabel 3. 14	Rekapitulasi hasil <i>expert judgment</i> dan nilai <i>CVR</i> tes keterampilan inkuiri.....	88
Tabel 3. 15	Rekapitulasi <i>Pearson's product-moment correlation</i> TKI untuk materi ayunan bandul harmonis sederhana.....	88
Tabel 3. 16	Rekapitulasi <i>Pearson's product-moment correlation</i> TKI untuk materi teori kinetik gas	89
Tabel 3. 17	Rekapitulasi hasil <i>expert judgment</i> dan nilai <i>CVR</i> tes keterampilan berpikir kritis.....	90
Tabel 3. 18	Rekapitulasi <i>Pearson's product-moment correlation</i> TKBK untuk materi ayunan bandul harmonis sederhana.....	90
Tabel 3. 19	Rekapitulasi <i>Pearson's product-moment correlation</i> TKBK untuk materi teori kinetik gas	90
Tabel 3. 20	Rekapitulasi hasil <i>expert judgment</i> dan nilai <i>CVR</i> skala sikap tanggapan peserta didik	91
Tabel 3. 21	Rekapitulasi hasil <i>expert judgment</i> dan nilai <i>CVR</i> skala sikap tanggapan guru.....	93
Tabel 3. 22	Rekapitulasi hasil <i>expert judgment</i> dan nilai <i>CVR</i> lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran <i>inquiry laboratory</i>	94
Tabel 3. 23	Kriteria reliabilitas instrumen tes.....	95
Tabel 3. 24	Hasil pengolahan data reliabilitas TLPK ayunan bandul harmonis sederhana dan teori kinetik gas	95

Tabel 3. 25	Hasil pengolahan data reliabilitas TKI ayunan bandul harmonis sederhana dan teori kinetik gas	96
Tabel 3. 26	Hasil pengolahan data reliabilitas TKBK ayunan bandul harmonis sederhana dan teori kinetik gas	96
Tabel 3. 27	Desain <i>pretest-posttest control group</i>	98
Tabel 3. 28	Rincian jumlah subjek penelitian	99
Tabel 3. 29	Data, teknik pengumpulan data, instrumen, dan sumber data	100
Tabel 3. 30	Kategori <i>N-gain</i>	102
Tabel 3. 31	Kriteria ukuran dampak (<i>effect size</i>)	106
Tabel 3. 32	Kriteria efektivitas implementasi praktikum <i>bifocal modeling</i>	107
Tabel 4. 1	Topik materi fisika berdasarkan Permendikbud RI No. 24 Tahun 2016	109
Tabel 4. 2	Tanggapan peserta didik terhadap pelaksanaan pembelajaran fisika	110
Tabel 4. 3	Tanggapan peserta didik terhadap praktikum fisika dan peluang implementasi pembelajaran <i>inquiry laboratory</i> dengan <i>bifocal modeling tools</i>	111
Tabel 4. 4	Ringkasan hasil wawancara dengan guru	113
Tabel 4. 5	Ringkasan hasil wawancara dengan peserta didik	116
Tabel 4. 6	Materi-materi fisika yang sulit dipahami menurut peserta didik dan guru	118
Tabel 4. 7	Perangkat pendukung untuk mengoperasikan <i>NodeMCU</i>	124
Tabel 4. 8	Tanggapan peserta didik terhadap kepemilikan <i>smartphone</i> dan penggunaannya untuk belajar di kelas	125
Tabel 4. 9	Rincian komponen <i>bifocal modeling tools</i> berbasis aplikasi <i>Android BM-PHY</i>	126
Tabel 4. 10	Cara menampilkan data-data fisis dan visualisasi dari fenomena fisis dengan menggunakan <i>bifocal modeling tools</i> berbasis aplikasi <i>Android BM-PHY</i>	142
Tabel 4. 11	Deskripsi data-data fisis dan visualisasi dari fenomena fisis yang ditampilkan pada perangkat keluaran dari alat praktikum <i>bifocal modeling</i>	148

Tabel 4. 12	Hasil validasi atau penilaian ahli (<i>expert judgment</i>) terhadap <i>bifocal modeling tools</i> berbasis aplikasi <i>Android BM-PHY</i>	149
Tabel 4. 13	Sintaks pembelajaran fisika dengan model <i>guided inquiry laboratory</i> dengan metode praktikum <i>bifocal modeling</i>	151
Tabel 4. 14	Hasil validasi atau penilaian ahli (<i>expert judgment</i>) terhadap LKPD	153
Tabel 4. 15	Sampel perbaikan LKPD berdasarkan saran dan masukan validator	155
Tabel 4. 16	Tahapan aktivitas ujicoba terbatas	156
Tabel 4. 17	Temuan ujicoba terbatas praktikum <i>bifocal modeling</i>	157
Tabel 4. 18	Rekomendasi perbaikan berdasarkan hasil ujicoba terbatas.....	158
Tabel 4. 19	Perbaikan aktivitas peserta didik dalam LKPD pada bagian “Orientasi dan Perumusan Masalah”	162
Tabel 4. 20	Perbaikan terhadap kekurangan pada komponen <i>bifocal modeling tools</i> berbasis aplikasi <i>Android BM-PHY</i>	163
Tabel 4. 21	Hasil observasi keterlaksanaan <i>inquiry laboratory</i> fisika.....	167
Tabel 4. 22	Rata-rata skor <i>pretest</i> , skor <i>posttest</i> , dan nilai <i>N-gain</i> TKI	172
Tabel 4. 23	Hasil uji normalitas data <i>N-gain</i> TKI	173
Tabel 4. 24	Hasil uji homogenitas data <i>N-gain</i> TKI.....	174
Tabel 4. 25	Hasil <i>Mann-Whitney U Test</i> data <i>N-gain</i> TKI ayunan bandul harmonis sederhana.....	175
Tabel 4. 26	Hasil <i>Mann-Whitney U Test</i> data <i>N-gain</i> TKI teori kinetik gas	175
Tabel 4. 27	Rata-rata dan standar deviasi <i>N-gain</i> TKI	176
Tabel 4. 28	Persentase peserta didik yang memperoleh <i>N-gain</i> TKI tinggi	177
Tabel 4. 29	Rata-rata skor <i>pretest</i> , skor <i>posttest</i> , dan nilai <i>N-gain</i> TKBK.....	182
Tabel 4. 30	Hasil uji normalitas data <i>N-gain</i> TKBK	183
Tabel 4. 31	Hasil uji homogenitas data <i>N-gain</i> TKBK.....	184
Tabel 4. 32	Hasil <i>Mann-Whitney U Test</i> data <i>N-gain</i> TKBK ayunan bandul harmonis sederhana.....	185
Tabel 4. 33	Hasil <i>Mann-Whitney U Test</i> data <i>N-gain</i> TKBK teori kinetik gas	185
Tabel 4. 34	Rata-rata dan standar deviasi <i>N-gain</i> TKBK	186
Tabel 4. 35	Persentase peserta didik yang memperoleh <i>N-gain</i> TKBK tinggi.	187

Tabel 4. 36	Rata-rata skor <i>pretest</i> , skor <i>posttest</i> , dan nilai <i>N-gain</i> TLPK.....	192
Tabel 4. 37	Hasil uji normalitas data <i>N-gain</i> TLPK	192
Tabel 4. 38	Hasil uji homogenitas data <i>N-gain</i> TLPK.....	194
Tabel 4. 39	Hasil <i>Mann-Whitney U Test</i> data <i>N-gain</i> TLPK ayunan bandul harmonis sederhana.....	194
Tabel 4. 40	Hasil <i>Mann-Whitney U Test</i> data <i>N-gain</i> TLPK teori kinetik gas .	195
Tabel 4. 41	Rata-rata dan standar deviasi <i>N-gain</i> TLPK.....	196
Tabel 4. 42	Persentase peserta didik yang memperoleh <i>N-gain</i> TLPK tinggi..	197
Tabel 4. 43	Rekapitulasi tanggapan peserta didik	197
Tabel 4. 44	Rekapitulasi tanggapan guru.....	199

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Skema <i>bifocal modeling tools</i>	42
Gambar 2. 2	Variasi model implementasi pembelajaran dengan <i>bifocal modeling tools</i>	42
Gambar 2. 3	Bagian-bagian utama <i>Raspberry Pi</i>	46
Gambar 2. 4	Wujud fisik <i>Raspberry Pi</i>	46
Gambar 2. 5	Papan <i>NodeMCU V3</i>	48
Gambar 2. 6	Hubungan praktikum <i>bifocal modeling</i> dengan keterampilan inkuiri, keterampilan berpikir kritis, dan level pemahaman konsep	50
Gambar 2. 7	Proyeksi gerak melingkar beraturan yang menyatakan simpangan bandul yang berayun secara harmonis sederhana	55
Gambar 2. 8	Kerangka pikir penelitian	65
Gambar 3. 1	Desain penelitian pengembangan <i>bifocal modeling tools</i> berbasis aplikasi <i>Android BM-PHY</i> dengan model <i>ADDIE</i>	67
Gambar 3. 2	Sampel saran hasil <i>expert judgment bifocal modeling tools</i> berbasis aplikasi <i>Android BM-PHY</i>	85
Gambar 4. 1	Rata-rata nilai tes formatif fisika tahun akademik 2019, 2020, dan 2021	119
Gambar 4. 2	Rancangan <i>bifocal modeling tools</i> berbasis aplikasi <i>Android</i> <i>BM-PHY</i>	127
Gambar 4. 3	<i>Bifocal modeling tools</i> berbasis aplikasi <i>Android</i> <i>BM-PHY</i> untuk materi ayunan bandul harmonis sederhana (a) dan teori kinetik gas (b).....	128
Gambar 4. 4	<i>Script</i> bahasa pemrograman <i>C++</i> untuk <i>bifocal modeling</i> <i>tools</i> ayunan bandul harmonis sederhana	132
Gambar 4. 5	<i>Script</i> bahasa pemrograman <i>C++</i> untuk <i>bifocal modeling tools</i> teori kinetik gas.....	135
Gambar 4. 6	<i>Script</i> pemrograman <i>HTML</i> untuk <i>bifocal modeling tools</i> ayunan bandul harmonis sederhana	136

Gambar 4. 7	<i>Script</i> pemrograman <i>Javascript</i> untuk <i>bifocal modeling tools</i> ayunan bandul harmonis sederhana.....	137
Gambar 4. 8	<i>Script</i> pemrograman <i>CSS</i> untuk <i>bifocal modeling tools</i> ayunan bandul harmonis sederhana.....	138
Gambar 4. 9	<i>Script</i> pemrograman <i>HTML</i> untuk <i>bifocal modeling tools</i> teori kinetik gas.....	138
Gambar 4. 10	<i>Script</i> pemrograman <i>Javascript</i> untuk <i>bifocal modeling tools</i> teori kinetik gas.....	141
Gambar 4. 11	<i>Script</i> pemrograman <i>CSS</i> untuk <i>bifocal modeling tools</i> teori kinetik gas	141
Gambar 4. 12	Tampilan awal proses instalasi aplikasi <i>BM-PHY.apk</i>	142
Gambar 4. 13	Ikon aplikasi <i>BM-PHY.apk</i>	142
Gambar 4. 14	Langkah-langkah mengoperasikan alat praktikum <i>bifocal modeling</i> untuk materi ayunan bandul harmonis sederhana dengan <i>Google Chrome</i>	144
Gambar 4. 15	Langkah-langkah mengoperasikan alat praktikum <i>bifocal modeling</i> untuk materi teori kinetik gas dengan <i>Google Chrome</i>	145
Gambar 4. 16	Langkah-langkah mengoperasikan alat praktikum <i>bifocal modeling</i> untuk materi ayunan bandul harmonis sederhana dengan aplikasi <i>BM-PHY</i>	146
Gambar 4. 17	Langkah-langkah mengoperasikan alat praktikum <i>bifocal modeling</i> untuk materi teori kinetik gas dengan aplikasi <i>BM-PHY</i>	147
Gambar 4. 18	Sampel komponen LKPD pembelajaran yang menerapkan model <i>guided inquiry laboratory</i> menggunakan perangkat praktikum <i>bifocal modeling</i>	153
Gambar 4. 19	Sampel rekomendasi penilaian serta saran dan masukan minor terkait LKPD	155
Gambar 4. 20	Persentase jawaban <i>pretest</i> keterampilan inkuiri ayunan bandul harmonis sederhana.....	168

Gambar 4. 21	Persentase jawaban <i>posttest</i> keterampilan inkuiri ayunan bandul harmonis sederhana.....	169
Gambar 4. 22	Persentase jawaban <i>pretest</i> keterampilan inkuiri teori kinetik gas	170
Gambar 4. 23	Persentase jawaban <i>posttest</i> keterampilan inkuiri teori kinetik gas	171
Gambar 4. 24	Persentase jawaban <i>pretest</i> keterampilan berpikir kritis ayunan bandul harmonis sederhana.....	178
Gambar 4. 25	Persentase jawaban <i>posttest</i> keterampilan berpikir kritis ayunan bandul harmonis sederhana.....	179
Gambar 4. 26	Persentase jawaban <i>pretest</i> keterampilan berpikir kritis teori kinetik gas	180
Gambar 4. 27	Persentase jawaban <i>posttest</i> keterampilan berpikir kritis teori kinetik gas	181
Gambar 4. 28	Persentase jawaban <i>pretest</i> level pemahaman konsep ayunan bandul harmonis sederhana.....	188
Gambar 4. 29	Persentase jawaban <i>posttest</i> level pemahaman konsep ayunan bandul harmonis sederhana.....	189
Gambar 4. 30	Persentase jawaban <i>pretest</i> level pemahaman konsep teori kinetik gas	190
Gambar 4. 31	Persentase jawaban <i>posttest</i> level pemahaman konsep teori kinetik gas	191
Gambar 4. 32	Sampel grafik $y = f(t)$ hasil percobaan peserta didik yang mengikuti <i>inquiry laboratory</i> dengan kit praktikum ayunan bandul standar	202
Gambar 4. 33	Tampilan grafik $y = f(t)$ sinusoidal pada <i>bifocal modeling tools</i> berbasis aplikasi <i>Android BM-PHY</i>	203
Gambar 4. 34	Tampilan data fisis dan visualisasi partikel-partikel gas untuk tiga keadaan suhu yang berbeda.....	205
Gambar 4. 35	Sampel jawaban TLPK dengan kategori TMH	211
Gambar 4. 36	Sampel jawaban TLPK dengan kategori MSK	212
Gambar 4. 37	Sampel jawaban TLPK dengan kategori MSB.....	213

Gambar 4. 38 Sampel jawaban TLPK dengan kategori MSU 214

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Angket studi pendahuluan	242
Lampiran 2 Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)	244
Lampiran 3 Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD).....	268
Lampiran 4 Petunjuk Instalasi Aplikasi <i>BM-PHY</i>	307
Lampiran 5 Lembar Validasi <i>Bifocal Modeling Tools</i>	308
Lampiran 6 Hasil Validasi <i>Bifocal Modeling Tools</i>	311
Lampiran 7 Instrumen TLPK Ayunan Bandul Harmonis Sederhana	314
Lampiran 8 Instrumen TLPK Ayunan Bandul Harmonis Sederhana	321
Lampiran 9 Instrumen TKI Ayunan Bandul Harmonis Sederhana.....	328
Lampiran 10 Instrumen TKI Ayunan Bandul Harmonis Sederhana.....	337
Lampiran 11 Instrumen TKBK Ayunan Bandul Harmonis Sederhana	347
Lampiran 12 Instrumen TKBK Ayunan Bandul Harmonis Sederhana	355
Lampiran 13 Lembar Validasi Instrumen TLPK	362
Lampiran 14 Lembar Validasi Instrumen TKI.....	368
Lampiran 15 Lembar Validasi Instrumen TKBK	376
Lampiran 16 Hasil Validasi Instrumen TLPK	382
Lampiran 17 Hasil Validasi Instrumen TKI.....	388
Lampiran 18 Hasil Validasi Instrumen TKBK	396
Lampiran 19 Lembar Validasi LKPD	402
Lampiran 20 Hasil Validasi Instrumen LKPD.....	404
Lampiran 21 Instrumen Tanggapan Peserta Didik.....	406
Lampiran 22 Instrumen Tanggapan Guru	409
Lampiran 23 Lembar Instrumen Tanggapan Peserta Didik	408
Lampiran 24 Lembar Validasi Instrumen Tanggapan Guru	412
Lampiran 25 Hasil <i>Pretest</i> TLPK, TKI, dan TKBK	415
Lampiran 26 Hasil <i>Posttest</i> TLPK, TKI, dan TKBK.....	421
Lampiran 27 Rekap <i>N-gain</i> TLPK, TKI, dan TKBK.....	427
Lampiran 28 Pengolahan Data Statistik.....	438
Lampiran 29 Dokumentasi Penelitian.....	449

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W., & Marek, E. A. (1992). Understandings and misunderstandings of eighth graders of four physics concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(1), 35–54. <https://doi.org/10.1002/tea.3660270105>
- Agustina, M., Yushardi, & Lesmono, A. D. (2018). Analisis Penguasaan Konsep-Konsep Teori Kinetik Gas Menggunakan Taksonomi Bloom Berbasis Hots Pada Siswa Kelas XI IPA di MAN Jember. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(4), 334–340.
- Agustinaningsih, W., Sarwanto, & Suparmi. (2014). Keterampilan Generik Sains Pada Pembelajaran Fisika Materi Teori Kinetik Gas Kelas XI IPA SMA Negeri 8 Surakarta Tahun Ajaran 2012/2013. *Jurnal Inkuiri*, 3(I), 50–61.
- Amri, Y., & Setiawan, M. A. (2018). Improving Smart Home Concept with the Internet of Things Concept Using RaspberryPi and NodeMCU. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 325(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/325/1/012021>
- Anandhalli, M., & Baligar, V. P. (2018). A novel approach in real-time vehicle detection and tracking using Raspberry Pi. *Alexandria Engineering Journal*, 57(3), 1597–1607. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.06.008>
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy For Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman.
- Anwar, N., Karim, S., & Effendi, R. (2014). Profil Kemampuan Inkuiri Dan Hasil Belajar Siswa Dengan Strategi Teaching Learning Sequences Dalam Inkuiri Terbimbing Pada Pembelajaran Dengan Menerapkan Pendekatan Ilmiah Berbasis Penelitian Dalam Melatihkan Kompetensi Masa Depan. *Seminar Nasional Teknologi Pembelajaran Pasca Sarjana UM*.
- Astuti, L. S. (2017). Penguasaan Konsep IPA Ditinjau dari Konsep Diri dan Minat Belajar Siswa. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 7(1), 40–48. <https://doi.org/10.30998/formatif.v7i1.1293>

- Banerjee, S., Sethia, D., Mittal, T., Arora, U., & Chauhan, A. (2013). Secure Sensor Node with Raspberry Pi. *IMPACT*, 26–30.
- Bao, L., & Koenig, K. (2019). Physics education research for 21st century learning. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0007-8>
- Blikstein, P. (2012). *Bifocal Modeling: A Study on the Learning Outcomes of Comparing Physical and Computational Models Linked in Real Time*. 257–264.
- Blikstein, P. (2014). Bifocal Modeling: Promoting Authentic Scientific Inquiry Through Exploring and Comparing Real and Ideal Systems Linked in Real-Time. *Playful User Interfaces, Gaming Media and Social Effects*. <https://doi.org/10.1007/978-981-4560-96-2>
- Blikstein, P., Fuhrmann, T., Greene, D., & Salehi, S. (2012). Bifocal modeling: Mixing real and virtual labs for advanced science learning. *ACM International Conference Proceeding Series*, 296–299. <https://doi.org/10.1145/2307096-2307150>
- Blikstein, P., Fuhrmann, T., & Salehi, S. (2016). Using the Bifocal Modeling Framework to Resolve “Discrepant Events” Between Physical Experiments and Virtual Models in Biology. *Journal of Science Education and Technology*, 25(4), 513–526. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9623-7>
- Butler, H. A., Dwyer, C. P., Hogan, M. J., Franco, A., Rivas, S. F., Saiz, C., & Almeida, L. S. (2012). The Halpern Critical Thinking Assessment and Real-world Outcomes: Cross-national Applications. *Thinking Skills and Creativity*, 7(2), 112–121. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2012.04.001>
- Chen, J., Horn, M. S., & Wilensky, U. J. (2023). NetLogo AR : Bringing Room-Scale Real-World Environments Into Computational Modeling for Children. *IDC*, 736–739. <https://doi.org/10.1145/3585088.3594497>
- Dahoud, A. Al, & Fezari, M. (2018). NodeMCU V3 For Fast IoT Application Development. *Al-Zaytoonah University Amman, October*.
- de Bie, H., Wilhelm, P., & van der Meij, H. (2015). The Halpern Critical Thinking Assessment: Toward a Dutch appraisal of critical thinking. *Thinking Skills and Creativity*, 17, 33–44. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2015.04.001>

- Dwyer, C. P., Hogan, M. J., & Stewart, I. (2014). An Integrated Critical Thinking Framework for the 21st Century. *Thinking Skills and Creativity*, 12, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2013.12.004>
- Efendi, M. Y., & Chandra, J. E. (2019). Implementasi Internet of Things Pada Sistem Kendali Lampu Rumah Menggunakan Telegram Messenger Bot dan NodeMCU ESP8266. *Global Journal of Computer Science and Technology : A Hardware & Computation*, 19(1).
- Elisa, E., Mardiyah, A., & Ariaaji, R. (2017). Peningkatan Pemahaman Konsep Fisika Dan Aktivitas Mahasiswa Melalui PhET Simulation. *PeTeKa (Jurnal Penelitian Tindakan Kelas Dan Pengembangan Pembelajaran)*, 1(1), 15. <https://doi.org/10.31604/ptk.v1i1.-15-20>
- Ennis, R. H. (2009). Critical thinking assessment. *Theory Into Practice*, July 2013, 141–145. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.00582-0>
- Firmansyah, J., Suhandi, A., Setiawan, A., & Permanasari, A. (2022). PJB-Lab: Practicing 4C skills in physics practicum. *Physics Education*, 57(3), 35004. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac3dc4>
- Fuhrmann, T., Bar, C., & Blikstein, P. (2020). Identifying discrepant events as a strategy to improve critical thinking about scientific models in a heat transfer unit in middle-school. *Computer-Supported Collaborative Learning Conference, CSCL*, 2, 1031–1038.
- Fuhrmann, T., Bumbacher, E., & Blikstein, P. (2018). Introducing bifocal modeling framework in elementary school learning science using concrete modeling tools. *Proceedings of International Conference of the Learning Sciences, ICLS*, 3(2018-June), 1685–1686.
- Fuhrmann, T., Salehi, S., & Blikstein, P. (2013). Meta-modeling knowledge: Comparing model construction and model interaction in bifocal modeling. *ACM International Conference Proceeding Series*, 483–486. <https://doi.org/10.1145/2485760.2485810>
- Fuhrmann, T., Schneider, B., & Blikstein, P. (2018). Should students design or interact with models? Using the Bifocal Modelling Framework to investigate model construction in high school science. *International Journal of Science Education*, 40(8), 867–893. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1453175>

- Gaigher, E., Rogan, J. M., & Braun, M. W. H. (2007). Exploring the development of conceptual understanding through structured problem-solving in physics. *International Journal of Science Education*, 29(9), 1089–1110. <https://doi.org/10.1080/09500690600930972>
- Goodsett, M. (2020). Best practices for teaching and assessing critical thinking in information literacy online learning objects. *Journal of Academic Librarianship*, October 2019, 102163. <https://doi.org/10.1016/j.acalib.2020.-102163>
- Gould, J., & Kolb, W. (1964). *A Dictionary of the Social Sciences*. Tavistock.
- Guilford, J. P. (1946). New standards for test evaluation. *Educational and Psychological Measurement*, 6(4), 427–438. <https://doi.org/10.1177/001-316444600600401>
- Gunawan, G., Nisrina, N., Suranti, N. M. Y., Herayanti, L., & Rahmatiah, R. (2018). Virtual Laboratory to Improve Students' Conceptual Understanding in Physics Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1108(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1108/1/012049>
- Gupta, A. K. (2013). *Physics Laboratory Manual (312)* (Vol. 201309, Issue 18001809393).
- Hafsyah, S. N., Prihandono, T., & Yushardi. (2022). Penerapan Model Inkuiri Terstruktur Dengan Media Virtual-Lab Pada Pembelajaran Fisika Di SMP. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 1(2,), 158–164.
- Handriani, L. S., Harjono, A., & Doyan, A. (2015). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terstruktur Dengan Kritis Dan Hasil Belajar Fisika Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 1(3), 210–220.
- Hasbi, M. A., -, K., & -, G. (2015). Pengembangan Alat Peraga Listrik Dinamis (Apld) Berbasis Inkuiri Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Siswa. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 1(1), 57–67. <https://doi.org/10.29303/-jppipa.v1i1.6>
- Hermansyah, Gunawan, & Herayanti, L. (2015). Pengaruh Penggunaan Laboratorium Virtual Terhadap Penguasaan Konsep Dan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Pada Materi Getaran Dan Gelombang. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 1(2), 97–102.

- Hidayah, M. R. N., Lubis, P. H. M., & Ali, M. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Discovery Learning Menggunakan Media Simulasi PhET Terhadap Pemahaman Konsep Fisika Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 95. <https://doi.org/10.24127/jpf.v8i1.2461>
- Hidayah, T. L., Supeno, & Nuha, U. (2022). Pengaruh Model Inkuiri Terbimbing Menggunakan Laboratorium Virtual Terhadap Keterampilan Argumentasi Ilmiah Siswa SMP-Sa 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>). *Edusaintek: Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 9(1), 2022–2239.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The Role of The Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*. <https://doi.org/10.3102/00346543052002201>
- Hung, W., & Jonassen, D. H. (2006). Conceptual understanding of causal reasoning in physics. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1601–1621. <https://doi.org/10.1080/09500690600560902>
- Husein, S., Herayanti, L., & Gunawan. (2015). Pengaruh Penggunaan Multimedia Interaktif Terhadap Penguasaan Konsep dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Suhu dan Kalor. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 1(3), 21-225.
- Jacob, A. (2017). Investigating the Conceptual Understanding of Physics through an Interactive Lecture-Engagement. *Cumhuriyet International Journal of Education-CIJE*, 6(1), 82–96.
- Jolles, J. W. (2021). Broad-scale applications of the Raspberry Pi : A review and guide for biologists. *Methods in Ecology and Evolution*, 2021(May), 1–18. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13652>
- Junaidi, A. (2015). Internet Of Things, Sejarah, Teknologi Dan Penerapannya : Review. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, IV(3), 62–66.
- Kashyap, M., Sharma, V., & Gupta, N. (2018). Taking MQTT and NodeMcu to IOT: Communication in Internet of Things. *Procedia Computer Science*, 132(Iccids), 1611–1618. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.126>

- Katili, N. S., Sadia, I. W., & K, S. (2013). Analisis Sarana dan Intensitas Penggunaan Laboratorium Fisika serta Kontribusinya Terhadap Hasil Belajar Siswa SMA Negeri di Kabupaten Jembrana. *E-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha Program Studi IPA*, 3(24).
- Kesumawati, N. (2012). Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Matematis Siswa SMP Melalui Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik Indonesia (PMRI). *Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(2), 31–44.
- Kipnis, M., & Hofstein, A. (2007). *The inquiry laboratory as a source for development of metacognitive skills*. 2007, 601–627.
- Ku, K. Y. L. (2009). Assessing Students' Critical Thinking Performance: Urging for Measurements using Multi-Response Format. *Thinking Skills and Creativity*, 4(1), 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2009.02.001>
- Kusdiastuti, M., Harjono, A., Sahidu, H., & Gunawan. (2017). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Berbantuan Laboratorium Virtual Terhadap Penguasaan Konsep Fisika Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 2(3), 116–122. <https://doi.org/10.29303/jpft.v2i3.298>
- Lawshe, C. H. (1975). A Quantitative Approach To Content Validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563–575. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1975.tb-01393.x>
- Lee, O., Quinn, H., & Valdés, G. (2013). Science and Language for English Language Learners in Relation to Next Generation Science Standards and with Implications for Common Core State Standards for English Language Arts and Mathematics. *Educational Researcher*, 42(4), 223–233. <https://doi.org/10.3102/0013189X13480524>
- Liliawati, W., Purwanto, R, T. R., Hidayat, R., Megawati, E., & Puspitasari, F. T. (2014). Analisis Kemampuan Inkuiri Siswa SMP, SMA, dan SMK dalam Penerapan Levels of Inquiry pada Pembelajaran Fisika. *Berkala Indonesia*, 6(2), 34–39.
- Ma'ruf, & Lestari, R. A. (2019). Profil Tingkat Pemahaman Konsep Fisika Gerak Lurus Dengan Model Conceptual Understanding procedures. *Journal of Teaching and Learning Physics*, 4(2), 18–24. <https://doi.org/10.15575-/jotalp.v4i2.4534>

- Maharani, G. (2017). *Analisis Konsepsi Gerak Harmonik Sederhana Pada Siswa Kelas X SMA Dengan Menggunakan Cri (Certainty Of Response Index)*.
- Mukhopadhyay, S. C., & Suryadevara, N. K. (2015). Internet of Things Challenges and Apportunities. *Smart Sensors, Measurement and Instrumentation*, 42(3), 287–307. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-04223-7>
- Nadhori, N., & Taqwa, M. R. A. (2020). Pemahaman Konsep Kinematika Mahasiswa Calon Guru Fisika : Ditinjau dari Level Pemahaman dan Teori Resource. *PENDIPA Journal of Science Education*, 4(3), 82–90.
- Nivalainen, V., Asikainen, M. A., & Hirvonen, P. E. (2013). *Open Guided Inquiry Laboratory in Physics Teacher*. 449–474. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9316-x>
- Nurwahidah, A., Qolbi, W. N., Putra, R. M., & Muhajir, S. N. (2021). Persepsi Siswa dan Guru terhadap Penggunaan Laboratorium Virtual dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 1(2), 54. <https://doi.org/10.52434/jpif.v1i2.1482>
- Parni. (2017). Faktor Internal Dan Eksternal Pembelajaran. *Tarbiya Islamica*, 5(1), 17–30.
- Patel, A., & Devaki, P. (2019). IRJET- Survey on NodeMCU and Raspberry pi : IoT. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 06(4 | Apr 2019).
- Prasetyarini, A., Fatmaryanti, S. D., & Akhdinirwanto, R. W. (2013). Pemanfaatan Alat Peraga Ipa Untuk Peningkatan Pemahaman Konsep Fisika Pada Siswa SMP Negeri I Buluspesantren Kebumen Tahun Pelajaran 2012/2013 Ayomi. *Radiasi: Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, 2(1), 7–10. <https://jurnal.umpwr.ac.id/index.php/radiasi/article/view/370>
- Puth, M. T., Neuhäuser, M., & Ruxton, G. D. (2014). Effective use of Pearson's product-moment correlation coefficient. *Animal Behaviour*, 93, 183–189. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2014.05.003>
- Putri, D. H., Sutarno, & Risdianto, E. (2014). Profil Peralatan Dan Keterlaksanaan Praktikum Fisika SMA Di Wilayah Miskin Propinsi Bengkulu. *Jurnal Exacta*, 12(1), 1–6.

- Rahma, A. A. (2020). Efektivitas Penggunaan Virtual Lab Phet Sebagai Media Pembelajaran Fisika Terhadap Hasil Belajar Siswa. *Pedagogy*, 8(2), 47–51.
- Ramadani, E. M., & Nana. (2020). Penerapan Problem Based Learning Berbantuan Virtual Lab Phet pada Pembelajaran Fisika Guna Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa SMA : Literature Review. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online (JPFT)*, 8(1), 87–92.
- Rusilowati, A. (2006). Profil kesulitan belajar fisika pokok bahasan kelistrikan siswa SMA di kota Semarang. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 4(2), 100–106. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JPFI/article/view/163/168>
- Sagala, S. (2017). *Konsep dan Makna Pembelajaran*. Penerbit Alfabeta.
- Salam, H., Setiawan, A., & Hamidah, I. (2010). Pembelajaran Berbasis Virtual Laboratory Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Pada Materi Listrik Dinamis. *Proceedings of The 4th International Conference on Teacher Education; Join Conference UPI & UPSI, November*, 8–10.
- Santhalia, P. W., & Sampebatu, E. C. (2020). Pengembangan Multimedia Interaktif Fisika untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Siswa pada Era Pandemi Covid-19. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 6(2), 165–175.
- Sari, A. L. R., Parno, & Taufik, A. (2016). Kemampuan Berpikir Kritis dan Pemahaman Konsep Fisika Siswa SMA pada Materi Hukum Newton. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA Pascasarjana UM*, 1.
- Sari, Erlina, M., Wati, D. E., Andayani, T. W., Taligansing, S. Y., Wicaksono, A. S., Anwar, Z., Auna, M. S. S., Islamuddin, H., & Huroniyah, F. (2022). Psikologi Pembelajaran : Penerapan Psikologi dalam Pendidikan. *Psychology Forum Psikologi Universitas Muhammadiyah Malang*.
- Sari, Gunawan, & Harjono, A. (2017). Penggunaan Discovery Learning Berbantuan Laboratorium Virtual pada Penguasaan Konsep Fisika Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 2(4), 176–182. <https://doi.org/10.29303-jpft.v2i4.310>

- Satria, R. P., Sahidu, H., & Susilawati, S. (2020). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika Model Inkuiri Terbimbing Berbantuan Laboratorium Virtual Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 6(2), 221. <https://doi.org/10.31764/orbita.v6i2.3046>
- Schneider, B., & Blikstein, P. (2018). Tangible User Interfaces and Contrasting Cases as a Preparation for Future Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 27(4), 369–384. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9730-8>
- Setiawan, A., Sutarto, & Indrawati. (2013). Metode Praktikum Dalam Pembelajaran Pengantar Fisika Sma : Studi Pada Konsep Besaran Dan Satuan Tahun Ajaran 2012-2013. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 1(3), 285–290.
- Shakthidhar, S., Srikrishnan, P., Santhosh, S., & Sandhya, M. K. (2019). Arduino and NodeMcu based Ingenious Household Objects Monitoring and Control Environment. *5th International Conference on Science Technology Engineering and Mathematics, ICONSTEM 2019*, 1, 119–124. <https://doi.org/10.1109/ICONSTEM.2019.8918730>
- Simbolon, D. H. (2015). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbasis Eksperimen Riil dan Laboratorium Virtual terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 21(3), 299–316. <https://doi.org/10.24832/jpnk.v21i3.192>
- Solihin, M. W., Handono, S., & Prastowo, B. (2018). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(2006), 299–306.
- Suherly, T., Azizahwati, & Rahmad, M. (2023). Kemampuan Pemahaman Konsep Awal Siswa dalam Pembelajaran Fisika : Analisis Tingkat Pemahaman pada Materi Fluida Dinamis. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 10(2), 494–503. <https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/pedagogy>
- Sumarjo. (2013). Pengaruh Penggunaan Metode Praktikum dengan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Numbered Head Together (NHT) terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa. *Digilib.Unila.Ac.Id*.
- Sunardi. (2023). *Fisika untuk Siswa SMA-MA Kelas XI* (P. R. P & I. Robiyana (eds.); 1st ed., Issue 1). Yrama Widya.

- Sunardi, S., Suhandi, A., Darmawan, D., & Muslim, M. (2022). *Investigation of Student Difficulties in Physics Learning and Readiness to Implement Physics Learning Using Bifocal Modeling-Based Practicum in Indonesia*. 11(4), 1091–1102.
- Sunardi, S., Suhandi, A., Darmawan, D., & Muslim, M. (2023). Investigation of facilities and students' readiness in supporting implementation of nodemcu-based bifocal modeling physics practicum. *Momentum: Physics Education Journal*, 7(1), 145–153. <https://doi.org/10.21067/mpej.v7i1.7485>
- Sunardi, Suhandi, A., Muslim, & Darmawan, D. (2022). *Profile of physics laboratory and practicum implementation at an Islamic senior high school in Bandung District Profile of Physics Laboratory and Practicum Implementation at An Islamic Senior High School in Bandung District*. 020020(December).
- Sunardi, & Sujadi, I. (2017). *Teori Belajar* (Sadjidan (ed.)). Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan.
- Sunni, M. A., Wartono, W., & Diantoro, M. (2014). Pengaruh Pembelajaran Problem Solving Berbantuan PhET terhadap Penguasaan Konsep Fisika dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, 3, 103–107. <http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/prosidingsnf/article/view/5487>
- Supahar. (2014). Penilaian Kemampuan Inkuiri Mata Pelajaran Fisika Peserta Didik SMA Di DIY. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, II(1), 28–41.
- Susanti, N. T. T. (2019). Analisis Level Pemahaman Siswa Dalam Memahami Konsep Matematika Pada Pokok Bahasan Fungsi Kelas VIII Semester Ganjil SMP N 1 Kasiman Tahun Pelajaran 2018/ 2019. *Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam IKIP PGRI Bojonegoro* (Vol. 561, Issue 3).
- Suseno, N. (2014). Pemetaan Analogi pada Konsep Abstrak Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika (JPF)*, 2337–5973.

- Sutrisno. (2006). *Fisika dan Pembelajarannya*. Jurusan Pendidikan Fisika-Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam-Universitas Pendidikan Indonesia.
- Suwindra, I. N. P., Sujanem, R., & Suswandi, I. (2015). Pengembangan Modul Software Multimedia Interaktif Dengan Strategi Pembelajaran Berbasis Masalah Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Dan Hasil Belajar Fisika Siswa Kelas Xii Sma. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 1(1), 13–27. <https://doi.org/10.23887/jpi-undiksha.v1i1.4483>
- Swandi, A., Hidayah.LJ, S. N., & Irsan. (2014). Pengembangan Media Pembelajaran Laboratorium Virtual untuk Mengatasi Miskonsepsi Pada Materi Fisika Inti di SMAN 1 Binamu, Jeneponto. *Jurnal Fisika Indonesia*, XVIII(April), 20–24.
- Tiruneh, D. T., De Cock, M., & Elen, J. (2018). 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>
- Tiruneh, D. T., De Cock, M., Weldeclassie, A. G., Elen, J., & Janssen, R. (2016). Measuring Critical Thinking in Physics: Development and Validation of a Critical Thinking Test in Electricity and Magnetism. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(4), 663–682. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9723-0>
- Trimawartinah. (2020). Bahan Ajar Statistik Non Parametrik. In *Uhamka* (1st ed., Issue 1). Uhamka.
- Tursinawati. (2016). Penguasaan Konsep Hakikat Sains dalam Pelaksanaan Percobaan pada Pembelajaran IPA. *Jurnal Pesona Dasar*, 2(4), 72–84.
- Usman, Herman, & Yusuf, A. M. (2014). Pengembangan Perangkat Penilaian Kinerja Praktikum Fisika pada Peserta Didik SMP UNISMUH Makassar. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, 10, 274–284.
- Vieira, C., Magana, A. J., García, R. E., Jana, A., & Krafcik, M. (2018). Integrating Computational Science Tools into a Thermodynamics Course. *Journal of Science Education and Technology*, 27(4), 322–333. <https://doi.org/10.1007/s-10956-017-9726-9>

- Vilaythong, T. (2011). *The role of practice work in Physics education in Lao PDR*.
- W.S. Winkel. (1996). *Psikologi Pengajaran* (4th ed.). Grasindo.
- Walsh, C., Quinn, K. N., Wieman, C., & Holmes, N. G. (2019). Quantifying critical thinking: Development and validation of the physics lab inventory of critical thinking. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 10135. <https://doi.org/10.1103/physrevphyseducres.15.010135>
- Wechsler, S. M., Saiz, C., Rivas, S. F., Vendramini, C. M. M., Almeida, L. S., Mundim, M. C., & Franco, A. (2017). Creative and critical thinking: Independent or overlapping components? *Thinking Skills and Creativity*, 27, 114–122. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.12.003>
- Wenning, C. J. (2007). Assessing inquiry skills as a component of scientific literacy. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 4(2), 21–24.
- Wicaksono, M. F. (2017). Implementasi Modul Wifi NodeMCU ESP8266 Untuk Smart Home. *Jurnal Teknik Komputer Unikom –Komputika*, 6(1), 9–14.
- Wicaksono, M. F., Syahrul, Rahmatya, M. D., & Rahman, M. A. F. (2020). Raspberry Pi-Based Solar System Learning Media. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 879(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/879/1/012022>
- Wijaya, T. T., Dewi, N. S. S., Fauziah, I. R., & M.Afrilianto. (2018). Analisis Kemampuan Pemahaman Matematis Siswa Kelas IX Pada Materi Bangun Ruang. *UNION: Jurnal Pendidikan Matematika Vol*, 6(1), 19–28. <https://doi.org/10.35706/sjme.v2i2.1317>
- Winkel, W. . (1996). *Psikologi Pengajaran* (4th ed.). Grasindo.
- Yuliana, S., AR, M., & Wahyuni, A. (2017). *Persepsi Siswa Terhadap Pelaksanaan Praktikum Fisika Di Laboratorium SMA N Se Kota Banda Aceh*. 1, 303–306.
- Yulianci, S., Gunawan, G., & Doyan, A. (2017). Model Inkuiri Terbimbing Berbantuan Multimedia Interaktif Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Fisika Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 3(2), 146–154. <https://doi.org/10.29303/jpft.v3i2.365>
- Zaenab, S., Makhrus, M., & Gunada, I. W. (2019). Analisis Tingkat Kemampuan Pemecahan Masalah Getaran Harmonis Melalui Model Pembelajaran Perubahan Konseptual. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 5.

- Zakwandi, R., Yuningsih, E. K., & Setya, W. (2020). Implementasi Pembelajaran Berbasis Praktikum Pada Konsep Taraf Intensitas Bunyi untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 11(1), 75–82. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v11i1.4522>
- Zhao, C. W., Jegatheesan, J., & Loon, S. C. (2015). Exploring IOT Application Using Raspberry Pi. *International Journal of Computer Networks and Applications*, 2(1), 27–34.
- Živkovic, S. (2016). A Model of Critical Thinking as an Important Attribute for Success in the 21st Century. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 232(April), 102–108. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.10.034>