

**MODUL PRAKTIKUM FISIKA INTI BERBASIS VIRTUAL
LABORATORIUM *PHET SIMULATION* UNTUK
MEMFASILITASI KETERAMPILAN PROSES SAINS SISWA
SMA/MA**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1



Pretty Oktianti Menur Kusuma Putri

19104050048

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA**

2023



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 513056 Fax. (0274) 586117 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-882/Un.02/DT/PP.00.9/04/2023

Tugas Akhir dengan judul : Modul Praktikum Fisika Inti Berbasis Virtual Laboratorium *PhET Simulation* Untuk Memfasilitasi Keterampilan Proses Sains Siswa SMA/MA

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : PRETTY OKTIANTI MENUR KUSUMA PUTRI
Nomor Induk Mahasiswa : 19104050048
Telah diujikan pada : Kamis, 30 Maret 2023
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Ika Kartika, S.Pd., M.Pd.Si.
SIGNED

Valid ID: 642d01a50ca64



Penguji I
Drs. Nur Untoro, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 642bcfd71723e



Penguji II
Nira Nurwulandari, M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 642d011a9fad5



Yogyakarta, 30 Maret 2023
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
Prof. Dr. Hj. Sri Sumarni, M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 642d03ba0fb86

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Pretty Oktianti Menur Kusuma Putri
NIM : 19104050048
Program Studi : Pendidikan Fisika
Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana yang berjudul “Modul Praktikum Fisika Inti Berbasis Virtual Laboratorium *PhET Simulation* Untuk Memfasilitasi Keterampilan Proses Sains Siswa SMA/MA” merupakan hasil karya tulisan saya sendiri. Adapun bagian – bagian tertentu yang saya kutip dan hasil karya tulisan orang lain sebagai bahan acuan telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika dalam penulisan ilmiah, serta disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, maka sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat agar dapat dimaklumi dan digunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 17 Maret 2023

Saya menyatakan,



Pretty Oktianti Menur Kusuma Putri

NIM 19104050048



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi

Lamp : 1 Bandel Skripsi

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka saya selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara :

Nama : Pretty Oktianti Menur Kusuma Putri

NIM : 19104050048

Judul Skripsi : Modul Praktikum Fisika Inti Berbasis Virtual Laboratorium PhET
Simulation Untuk Memfasilitasi Keterampilan Proses Sains Siswa
SMA/MA

Sudah dapat diajukan kepada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Pendidikan Fisika.

Dengan ini, kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqosyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 17 Maret 2023

Pembimbing,

Ika Kartika, S.Pd., M.Pd.Si.
NIP. 19800415 200912 2 001

MOTTO

اَفْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ

Bacalah dengan (menyebut) nama Tuhanmu Yang Menciptakan

(Al ‘Alaq: 1)

فَبِأَيِّ آلَاءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ

Maka nikmat Tuhan Kamu yang manakah yang kamu dustakan?

(Ar Rahman: 13)

Kita tidak dapat meraih sesuatu dalam hidup ini tanpa sebuah pengorbanan.

Kesuksesan perlu diraih, hidup perlu diperjuangkan, serta doa perlu dipanjatkan.

Untuk setiap hasil yang dinantikan,

serahkan semuanya kepada Tuhan Yang Maha Tahu.

(Penulis)

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الحمد لله رب العالمين

Atas berkat rahmat Allah SWT hamba dapat menyelesaikan skripsi ini.

Tugas akhir skripsi ini penulis persembahkan untuk Bapak, Ibu, Kakak, dan Adik tercinta yang selalu memberikan motivasi, apresiasi, dan semangat untuk terus melangkah berusaha dan berjuang menyelesaikan urusan dan amanah tugas belajar ini. Terimakasih atas segala perjuangan, pengorbanan, kasih sayang, serta do'a yang tak hentinya tercurah kepada penulis. Semoga Allah SWT membalas setiap pengorbanan dengan nikmat dunia maupun akhirat kelak. Aamiin

Tak lupa teman-teman seperjuangan dan teman tersayang yang selalu menemani, mendukung, dan menghiasi langkah ini. Semoga langkah kebersamaan ini dapat menuntun kita ke surga. Aamiin

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan menyusun skripsi yang berjudul “Modul Praktikum Fisika Inti Berbasis Virtual Laboratorium *PhET Simulation* Untuk Memfasilitasi Keterampilan Proses Sains Siswa SMA/MA” dengan sebaik-baiknya.

Keberhasilan penulisan skripsi ini berkat bantuan, bimbingan, pengarahan, dan kerjasama yang diberikan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua dan keluarga, Bapak Yulianto Wibowo, Ibu RAJ Saraswati Puspa Jelita Sari, Kakak Indah Yuanita Ayu Charisma Sari, dan Adik Ramzy Nabhan Naufal Fahmi Dzaki serta Zazkia Azzah Fairuz Virantika Zain.
2. Bapak Prof. Dr.Phil. Al Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Prof. Dr. Hj. Sri Sumarni, M.Pd sebagai Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Drs. Nur Untoro, M.Si. sebagai Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sekaligus Dosen Penguji Skripsi pertama, terima kasih atas ilmu, kritik, saran dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Dr. Winarti, M.Pd.Si. sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan doa, ilmu, maupun bimbingan selama masa studi.

6. Ibu Ika Kartika, M.Pd.Si. sebagai Dosen Pembimbing Skripsi, terima kasih atas dedikasi, ketulusan, dan kesabaran telah bersedia memberikan doa, arahan, dan ilmu dalam penyusunan skripsi ini.
7. Nira Nurwulandari, M.Pd. sebagai Dosen Penguji Skripsi kedua, terima kasih atas ilmu, kritik, saran dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
8. Segenap dosen Program Studi Pendidikan Fisika, dosen dan karyawan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis.
9. Seluruh Guru, Karyawan dan Siswa Madrasah Aliyah Negeri Yogyakarta 1.
10. Siswa – siswi Madrasah Aliyah Negeri Yogyakarta 1 khususnya siswa kelas XII MIPA 3 dan XII MIPA 4 yang telah bersedia bekerja sama dan mendukung kelancaran kegiatan penelitian ini.
11. Teman-teman dari Program Studi Pendidikan Fisika Angkatan 2019, semoga tali silaturahmi tetap terjaga dan kebaikan menyertai kita.
12. Kedua sahabat penulis Narulitha Wijayanti Hapsarie dan Dyah Ayu Retnaningsih, yang selalu membersamai penulis dan memberikan semangat dalam penyusunan skripsi, semoga senantiasa menjadi sahabat sampai ke surga.
13. Semua sahabat Tradisi Nusantara, semoga selalu menjaga kekeluargaan dan kepedulian serta do'a baik selalu menyertai kalian.
14. Sahabat Kos Princess Annisa Septian Dwi Pakuningratan dan Annisya Arnoldi, semoga bahagia selalu dan sukses dunia akhirat.
15. Teman-teman yang telah membersamai penulis dalam perjalanan kehidupan, dan seluruh pihak yang telah membantu dalam penelitian dan penulisan naskah.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan semua pihak diatas menjadi amalan yang bermanfaat dan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan, maka penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai bahan perbaikan penulis dimasa medatang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya. Akhir kata, segala kesalahan pada penulisan ini adalah mutlak milik penulis dan kebaikan hanyalah milik Allah SWT.

Yogyakarta, 27 Maret 2023

Penulis,



Pretty Oktianti Menur Kusuma Putri

NIM 19104050048

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**MODUL PRAKTIKUM FISIKA INTI
BERBASIS VIRTUAL LABORATORIUM *PHET SIMULATION*
UNTUK MEMFASILITASI KETERAMPILAN PROSES SAINS SISWA
SMA/MA**

Pretty Oktianti Menur Kusuma Putri

19104050048

INTISARI

Pemanfaatan media laboratorium virtual merupakan salah satu sarana pembelajaran yang dapat membantu dalam proses pembelajaran. Salah satunya ialah penggunaan laboratorium virtual guna mengatasi konsep materi pembelajaran yang abstrak seperti materi pembelajaran fisika menjadi konkret melalui proyeksi digital. Penelitian ini bertujuan 1) Mengembangkan modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium untuk memfasilitasi KPS (Keterampilan Proses Sains) pada materi Fisika Inti dengan menggunakan *PhET simulation*. 2) Mengetahui kelayakan modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium berdasarkan penilaian ahli. 3) Mengetahui respon siswa terhadap penggunaan modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium. 4) Menguji keterlaksanaan modul praktikum berbasis virtual laboratorium.

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan menggunakan prosedur pengembangan 4D. Tahap pengembangan meliputi 1) *Define*, 2) *Design*, 3) *Develop*, 4) *Disseminate*. Penelitian dibatasi sampai pada tahap pengembangan (*Develop*) dengan melakukan uji coba luas dan uji keterlaksanaan modul. Penilaian kelayakan dan keterlaksanaan produk dengan skala *likert* 1-4. Sedangkan respon siswa tingkat SMA/MA dengan menggunakan skala *guttman*. Instrumen yang digunakan meliputi lembar wawancara, lembar angket, lembar validasi modul, lembar kelayakan modul, lembar respon siswa, dan lembar keterlaksanaan modul.

Hasil penelitian ini adalah modul praktikum fisika inti berbasis virtual laboratorium *PhET Simulation* untuk memfasilitasi Keterampilan Proses Sains SMA/MA. Hasil penilaian kelayakan produk oleh ahli materi, ahli media, dan guru fisika secara berurutan memperoleh rerata penilaian dengan kriteria Sangat Baik (SB) dengan skor 3,80; 3,78; dan 4. Hasil uji coba terbatas dan uji coba luas memperoleh rerata respon Setuju (S) dengan skor 0,98. Penilaian keterlaksanaan modul praktikum fisika untuk memfasilitasi keterampilan proses sains memperoleh kriteria Baik (B) pada aspek observasi dengan rerata skor 3,15 serta kriteria Sangat Baik (SB) pada aspek menyusun hipotesis, eksperimen, dan menyimpulkan dengan rerata skor masing – masing ialah 3,33; 3,55; dan 4.

Kata kunci : Keterampilan Proses Sains, Fisika Inti, Modul Praktikum Fisika, Virtual Laboratorium



**A PRACTICUM MODULE
BASED ON VIRTUAL LABORATORIES FOR PhET SIMULATION
TO SUPPORT THE SCIENCE PROCESS SKILLS OF
SMA/MA STUDENTS**

Pretty Oktianti Menur Kusuma Putri
19104050048

ABSTRACT

One of the learning methods that can aid in the learning process is the use of virtual laboratory media. One of them is the use of virtual labs to transform abstract learning materials, like physics learning materials, into physical ones using digital projections. This work intends to 1) Create a virtual laboratory-based physics practicum module to assist Science Process Skills in Core Physics content utilizing PhET simulation. 2) Becoming aware of the viability of an expert-recommended virtual laboratory-based physics practicum curriculum. 3) Being aware of how students react to using online modules for physics practicums. 4) Trialing the use of online practicum modules based in laboratories.

Using the 4D development process, this research is actually Research and Development. Define, Design, Develop, and Disseminate are the steps in the development stage. With comprehensive testing and module deployment, research is only conducted during the development stage. On a Likert scale of 1-4, evaluate the viability and usefulness of the product. Students at the Senior High School level respond using the Guttman scale. Interview forms, questionnaire forms, module validation forms, module eligibility forms, student response forms, and module implementation forms are among the tools that are utilized.

The outcomes of this project include the basic physics practicum module for Senior High School Scientific Process Skills based on a PhET Simulation virtual laboratory. The findings of the product feasibility evaluations conducted by material experts, media experts, and physics instructors, in that order, received an average evaluation with "Very Excellent" criterion, with scores of 3.80, 3.78, and 4. The average response in both the narrow and broad trials was "Agree", with a score of 0.98. Evaluation of the physics practicum module's use to support acquired science process skills in "Good" criteria in the observation with an average score of 3, as well as "Very Excellent" criteria in the areas of developing hypotheses, experiments, and conclusions with an average score of 3.15. 33; 3.55; and 4.

Key Words: *Core Physics, Physics Practicum Module, Virtual Laboratory, Scientific Process Skills*

DAFTAR ISI

PENGESAHAN TUGAS AKHIR	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI	iii
MOTTO.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
INTISARI.....	ix
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	10
C. Batasan Masalah.....	11
D. Rumusan Masalah	11
E. Tujuan Penelitian.....	12
F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan	12
G. Manfaat Penelitian.....	14
H. Keterbatasan Pengembangan.....	15
I. Definisi Operasional.....	15
BAB II KAJIAN PUSTAKA	17
A. Kajian Teori.....	17
B. Penelitian yang Relevan	43
C. Kerangka Berpikir	45
BAB III METODE PENELITIAN.....	47
A. Model Pengembangan	47
B. Prosedur Pengembangan	48
C. Uji Coba Produk.....	61
1. Desain Uji Coba	61

2. Subyek Uji Coba.....	62
3. Jenis Data.....	62
D. Instrumen Pengumpulan Data	64
E. Teknik Analisis Data	68
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	75
A. Hasil Penelitian.....	75
B. Pembahasan	96
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	120
A. Kesimpulan.....	120
B. Keterbatasan Penelitian	121
C. Saran Pemanfaatan Modul Praktikum Fisika	121
DAFTAR PUSTAKA	123



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Indikator Keterlaksanaan Modul Praktikum Fisika Berbasis Laboratorium Untuk Memfasilitasi Keterampilan Proses Sains	67
Tabel 3. 2 Kriteria Skor Penilaian Produk Skala Likert.....	68
Tabel 3. 3 Kriteria Penilaian Produk	70
Tabel 3. 4 Skor Jawaban Skala Guttman	71
Tabel 3. 5 Kriteria Skor Penilaian Skala <i>Guttman</i>	72
Tabel 3. 6 Kriteria Skor Keterlaksanaan Produk	73
Tabel 3. 7 Kriteria Keterlaksanaan Produk Skala Likert	74
Tabel 4. 1 Saran dan Masukan Validator Ahli Materi	82
Tabel 4. 2 Saran dan Masukan Validator Ahli Materi	83
Tabel 4. 3 Data Hasil Penilaian Kualitas Modul Fisika oleh Ahli Materi	85
Tabel 4. 4 Saran dan Masukan dari Ahli Materi	85
Tabel 4. 5 Data Hasil Penilaian Kualitas Modul Fisika oleh Ahli Media.....	86
Tabel 4. 6 Saran dan Masukan dari Ahli Media.....	87
Tabel 4. 7 Data Hasil Penilaian Kualitas Modul Fisika oleh Guru Fisika	88
Tabel 4. 8 Data Hasil Respon Siswa pada Uji Terbatas.....	89
Tabel 4. 9 Data Hasil Respon Siswa pada Uji Luas.....	90
Tabel 4. 10 Data Hasil Keterlaksanaan modul pada Uji Luas	91
Tabel 4. 11 Hasil Revisi Modul Praktikum Fisika Inti Berdasarkan Saran dan Masukan Penilaian Ahli Materi	106

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tampilan Program Simulasi PhET pada Materi Fisika Inti	28
Gambar 3. 1 Alur Penelitian Pengembangan	49
Gambar 4. 1 Cover Modul	76
Gambar 4. 2 Tampilan Halaman Cara Penggunaan Aplikasi PhET Simulation	104
Gambar 4. 3 Perbaikan Cover Berdasarkan Saran dan Masukan Ahli Media ...	107



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Identitas Validator	130
Lampiran 2 Lembar Validasi	131
Lampiran 3 Identitas Penilai	139
Lampiran 4 Lembar Penilaian Ahli.....	140
Lampiran 5 Kisi – Kisi Instrumen Penilaian.....	155
Lampiran 6 Rubrik Penilaian	169
Lampiran 7 Indikator Keterlaksanaan Modul Praktikum Fisika Inti untuk Memfasilitasi Keterampilan Proses Sains	189
Lampiran 8 Lembar Respon Siswa pada Uji Terbatas.....	192
Lampiran 9 Gambar Bagian Modul Praktikum.....	197
Lampiran 10 Analisis Hasil Kualitas Modul.....	206
Lampiran 11 Analisis Hasil Respon Siswa	210
Lampiran 12 Analisis Hasil Keterlaksanaan Modul Praktikum Fisika Inti untuk Memfasilitasi Keterampilan Proses Sains	214
Lampiran 13 Dokumentasi.....	216
Lampiran 14 Curriculum Vitae	217


STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pendidikan merupakan komponen penting dalam kehidupan yang tidak dapat dipisahkan. Agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi kekuatan spiritual, pengendalian diri, kecerdasan, akhlak mulia, serta keterampilan yang diperlukannya bagi dirinya dan masyarakat. Pendidikan merupakan usaha yang disengaja dan terstruktur untuk menciptakan lingkungan belajar dan proses pembelajaran (UU No. 20 Tahun 2003). Dimana, dalam era globalisasi dan modernisasi pada bidang pendidikan akan terus dilakukan. Hal ini bertujuan untuk dapat menghadapi tantangan – tantangan yang muncul nantinya dengan adanya perkembangan zaman. Tantangan yang dihadapi sistem pendidikan saat ini meliputi persoalan - persoalan pemerataan, mutu, relevansi dan efektivitas pendidikan. Tantangan tersebut berdampak pada aspek penilaian, pengajaran, dan sebagainya dalam dunia pendidikan (Mukminan, 2020). Untuk mendongkrak tantangan - tantangan tersebut, terdapat sebuah upaya menurut Hartono dalam seminar nasional teknologi pendidikan pada 2020 yang mana dapat memacu dan membangun keunggulan kualitas pendidikan ialah pemerataan pendidikan secara menyeluruh serta kesesuaian kurikulum yang mendukung proses pendidikan tersebut di mana pun daerahnya (Hartono, 2022).

Hal ini selaras dengan kajian sebelumnya yang disampaikan oleh Subagia bahwa pemerintah telah melakukan sejumlah inisiatif, seperti menaikkan standar guru dan mengubah kurikulum, untuk mencapai tujuan pendidikan nasional (Subagia, 2021). Namun demikian, penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Lesmana, dkk menjelaskan bahwa terdapat problematika yang ada dalam ruang lingkup pembaharuan kurikulum di Indonesia, yakni adanya pembaharuan kurikulum secara tidak merata. Menurut Lesmana, hal ini dimungkinkan akan mempengaruhi beberapa unsur pendidikan seperti tujuan, materi, teknik, dan kerangka evaluasi. Jika semua komponen kurikulum dimasukkan dalam pembaharuan kurikulum, maka akan mencapai target tujuan pendidikan yang diinginkan (Lesmana, 2021). Selaras dengan penelitian Lesmana bahwa unsur pendidikan dapat mendorong perkembangan kurikulum, hal ini diperkuat oleh Abidin, dkk yang menjelaskan bahwa kurikulum yang berbasis kompetensi pengetahuan, sikap, dan keterampilan yang dilakukan saat ini menghasilkan Kurikulum 2013 dengan metodologi yang digunakan adalah metodologi ilmiah yang memiliki peran penting saat proses pembelajaran baik didalam maupun diluar kelas (Abidin, 2021). Namun demikian, menurut hasil observasi dan wawancara terhadap guru, pembelajaran yang terjadi di dalam kelas kurang seimbang dari berbagai kompetensi baik pengetahuan, sikap, dan keterampilan.

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi seberapa baik suatu proses pembelajaran dihasilkan, guna mendorong proses pengajaran dan belajar mandiri, strategi pembelajaran harus menarik dan bervariasi. Lingkungan

belajar yang mendukung dan pemanfaatan materi pembelajaran saat ini juga harus dimanfaatkan (Astuti & Bhakti, 2021). Hal ini dibuktikan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Risma mengenai salah satu pilihan untuk mengatasi permasalahan penerapan pembelajaran adalah dengan menggunakan perangkat pembelajaran atau media pembelajaran (Risma, 2019). Didukung pula dengan penelitian yang dilakukan oleh Hartawan, dkk bahwa ketersediaan materi pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan dan karakteristik siswa saat ini, khususnya materi berbasis teknologi, akan memungkinkan terjadinya pembelajaran secara efektif dan efisien (Hartawan et al., 2022).

Menurut Sri Hartini dkk. (2019), yang melakukan wawancara dan observasi guru, membuktikan bahwa kurangnya pemanfaatan media pembelajaran teknologi berbasis digital seperti e-learning dan virtual laboratorim. Hal ini terjadi karena kurangnya sumber daya dan sarana prasarana, terutama dalam hal materi pembelajaran berbasis informasi dan teknologi (TI), serta kurangnya pengetahuan dan pengalaman mengenai pembelajaran tersebut dalam membuat materi pengajaran (Hartini et al., 2019). Adapun solusi dari permasalahan proses pembelajaran di era digital saat ini yang dikemukakan oleh peneliti sebelumnya yakni Inayah menyatakan bahwa pemanfaatan media laboratorium virtual merupakan salah satu sarana pembelajaran yang dapat membantu dalam proses pembelajaran (Inayah, 2021). Hal ini ditegaskan oleh Ismail, dkk yang melakukan penelitian mengenai virtual laboratorium bahwa dengan penggunaan laboratorium virtual, dunia maya dapat membantu konsep materi pembelajaran yang abstrak

seperti materi pembelajaran fisika menjadi konkret melalui proyeksi digital (Ismail et al., 2021).

Berkaitan dengan kajian penelitian sebelumnya diatas, terdapat beberapa masalah kesulitan belajar menurut hasil identifikasi terhadap penyebaran angkat kepada siswa, sebanyak 79% siswa menyatakan bahwa pelajaran fisika sulit untuk dipahami karena banyaknya konsep dan persamaan. Hal ini perlu adanya perbaikan karena salah satu bagian dari penilaian hasil belajar siswa adalah mengenai pemahaman mereka tentang dasar-dasar ilmu fisika. Karena dimikian, fisika merupakan konsep abstrak yang sering menghadirkan tantangan bagi para pendidik. Hal ini dipertegas oleh penelitian Asrizal mengenai kualitas siswa dalam memperoleh pembelajaran fisika akan memiliki keterampilan, pola pikir, dan metode analisis yang baik dan sistematis (Asrizal et al., 2018). Selain itu, pembelajaran fisika harus memenuhi tuntutan zaman, khususnya abad 22 yang sedang terbentuk. Senada dengan hal tersebut, kurikulum fisika khususnya harus mengedepankan pengembangan kompetensi umum seperti kerja tim, kreativitas, komunikasi, pengembangan karakter, literasi, dan keterampilan (Asrizal et al., 2018). Karena demikian, fisika adalah ilmu yang mempelajari mengenai kehidupan alam, termasuk sistem kerja sederhana yang terdapat dalam kehidupan sehari-hari. Dimana ilmu fisika sendiri menerapkan konsep secara konseptual dan rumit untuk dipahami. (Harsani, 2020).

Menurut Putranta, salah satu solusi yang ditawarkan untuk membantu memahami konsep materi pembelajaran fisika ialah dengan menggunakan

media *PhET Simulation* (Putranta, 2019). Efektifitas penggunaan laboratorium virtual dengan *PhET Simulation* senada dengan penelitian yang berjudul *The Effectiveness of Guided Inquiry Learning Assisted by PhET Simulation to Improve The Capability of Representation Image of Science Student in Junior High School* dimana menjelaskan bahwa kapasitas siswa untuk menggambarkan kerja ilmiah di kelas dapat ditingkatkan dengan belajar menggunakan *PhET Simulation*. Karena Simulasi PhET dianggap lebih menarik bagi siswa dan lebih efisien (Oktaviana, 2020). Kemenarikan pembelajaran dengan bantuan *PhET Simulation* juga dikemukakan oleh penelitian yang berjudul *Learning Solar System using PhET Simulation to Improve Students' Understanding and Motivation*. Penelitian ini membuktikan bahwa selama menggunakan Simulasi PhET, aktivitas belajar siswa pada mata pelajaran fisika dalam proses pembelajaran mendapat respon yang positif dari siswa. Oleh sebab itu, membuktikan bahwa lembar kerja siswa memungkinkan mereka untuk memecahkan kesulitan belajar fisika dan mengeksplorasi ide-ide yang lebih abstrak. (Prima, 2018). Selaras dengan penelitian sebelumnya, menurut hasil penelitian sebelumnya oleh Hikmah dkk yang berfokus terhadap hasil belajar siswa dengan menggunakan *PhET Simulation* membuktikan bahwa laboratorium virtual dengan simulasi PhET adalah media yang dapat digunakan untuk melengkapi proses pembelajaran praktikum fisika dan membantu siswa mengatasi keterbatasan laboratorium nyata sekaligus meningkatkan kemampuan analitis siswa (Hikmah et al., 2019). Fakta unik ditemukan dari penelitian Masita dkk bahwa salah satu teknologi virtual laboratorium dengan

PhET Simulation dapat digunakan untuk pembelajaran berbasis praktikum yang relevan dan sesuai dengan perkembangan zaman di era milenial modern, karena siswa millennial cenderung lebih menyukai pembelajaran yang tidak menyita banyak waktu dan biaya namun tidak mengurangi esensi ilmu yang hendak dipelajari (Masita et al., 2020)

Penelitian – penelitian sebelumnya telah mengemukakan bahwa pembelajaran dengan menggunakan bantuan *PhET Simulation* mampu membantu siswa dalam belajar memproyeksikan teori terhadap materi terkait. Namun, dari beberapa referensi penelitian sebelumnya, belum adanya modul penggunaan secara terstruktur dalam melakukan praktikum virtual dengan menggunakan *PhET Simulation*. Karena menurut buku yang berjudul Pengembangan Sistem Pendidikan di Indonesia karangan Hamdani Hamid dijelaskan bahwa pentingnya penggunaan modul praktikum dalam melaksanakan eksperimen secara terstruktur (Hamid, 2013). Berkaitan dengan penggunaan modul praktikum dalam pembelajaran yang dijelaskan diatas, terdapat beberapa manfaat adanya modul atau panduan praktikum juga dipaparkan menurut Mustika dkk yakni diantaranya siswa berkesempatan untuk mengekspresikan pelajaran di luar jam pelajaran dengan prosedur yang sudah tertulis, pembelajaran juga lebih menarik karena materi dipelajari sesuai dengan kemampuan dan minatnya yang dapat diukur dari tahapan menganalisis data dan menyimpulkan sesuai dengan petunjuk praktikum pada modul, dan lain sebagainya (Samsu & Mustika, 2021).

Permasalahan diatas merupakan salah satu hal yang mendasar yang berkaitan dengan bahan ajar yakni harus sesuai dengan materi yang akan digunakan. Materi yang digunakan dari penelitian – penelitian sebelumnya masih tergolong kedalam kriteria materi yang secara praktik, mampu dilakukan dalam kehidupan sehari hari (*real life*), dalam artian alat dan bahan untuk bereksperimen disekolah maupun dirumah masih mampu untuk dilakukan. Proyeksi materi yang diambil masih tergolong mudah dicari dalam kehidupan sehari – hari. Namun pada realitasnya, fisika sering dianggap mata pelajaran yang susah untuk dipahami dan peserta didik dimana hanya menghafal rumus untuk menyelesaikan soal-soal fisika (Kartika, 2020). Dari beberapa referensi dan problematika penelitian sebelumnya, peneliti mengambil salah satu materi dari Fisika Inti, dimana proyeksi materi dalam melakukan eksperimen sehari – hari tergolong sulit untuk ditemukan, dikarenakan melibatkan unsur atom – atom dalam praktikumnya. Hal ini selaras dengan pendapat Sulastris menurut penelitiannya yakni mengungkapkan bahwa pemanfaatan laboratorium virtual menjadi maksimal ketika menggunakan materi yang sulit diproyeksikan dalam kehidupan sehari – hari (Sulastris, 2020). Menurut data lapangan yang dilakukan di MAN 1 Yogyakarta melalui observasi dan wawancara guru menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran fisika sangat bermanfaat, terutama dalam penyampaian materi fisika abstrak seperti salah satunya adalah materi Fisika Inti. Fisika Inti merupakan materi yang memiliki sifat-sifat yang abstrak, empiris, dan matematis. Untuk tujuan yang beragam, ketiga permasalahan istilah ini menyebabkan dunia maya berperan dalam

pembelajaran fisika khususnya materi Fisika Inti. Dimana, dari tahun ke tahun tingkat ketercapaian materi fisika inti sangat rendah dibandingkan materi fisika yang lain, yakni hanya sekitar 35% siswa memiliki nilai diatas KKM.

Berkaitan dengan hal yang telah dikaji diatas, teknik pembelajaran fisika mengenai materi Fisika Inti dapat dilaksanakan dengan baik ketika menerapkan pembelajaran berbasis praktikum dengan menggunakan pendekatan Keterampilan Proses Sains (KPS). Hal ini dibuktikan pada penelitian sebelumnya yang berjudul Analisis Keterampilan Proses Sains Pada Pembelajaran Berbasis Praktikum yang dilakukan oleh Agil Lepiyanto yakni membuktikan bahwa 89% siswa mampu memahami materi IPA dengan menggunakan praktikum berbasis keterampilan proses sains dasar dengan mengikuti sesuai prosedur pada modul yang telah disediakan (Lepiyanto, 2019). Selaras dengan penelitan tersebut, penggunaan keterampilan proses sains juga dikemukakan oleh Elvanisi dkk bahwa keterampilan proses sains dasar melalui praktikum sederhana pada siswa mampu meningkatkan presentase hasil belajar siswa meningkat hingga 65,7% jika dibandingkan dengan pemberian materi pembelajaran secara konvensional ataupun ceramah (Ade et al., 2018). Senada dengan penelitian sebelumnya, data lapangan menunjukkan bahwa kurangnya pemahaman siswa dalam keterampilan melakukan praktikum khususnya keterampilan proses dasar praktikum. Dalam buku yang berjudul *Science and Mathematics In Early Childhood Education* dijelaskan bahwa keterampilan proses sains dasar adalah cara atau strategi yang digunakan ilmuwan untuk mengumpulkan informasi secara sederhana. Dengan

kata lain, keterampilan dan metode inilah yang digunakan para ilmuwan di laboratorium untuk menemukan pengetahuan baru tentang subjek yang ingin mereka pelajari lebih lanjut (Donna, 1994).

Berdasarkan permasalahan-permasalahan yang telah dikaji diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Modul Praktikum Fisika Inti Berbasis Virtual Laboratorium Menggunakan *PhET Simulation* untuk Memfasilitasi Keterampilan Proses Sains Siswa SMA/MA”.



B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, beberapa permasalahan yang dapat ditemukan antara lain :

1. Efektivitas pendidikan pada praktik pembelajaran saat ini kurang maksimal.
2. Kurang seimbangnya aspek penilaian pada kurikulum, baik kompetensi pengetahuan, sikap, dan keterampilan.
3. Terbatasnya media pembelajaran fisika di sekolah sehingga pembelajaran fisika kurang bervariasi.
4. Pembelajaran fisika dianggap sulit oleh siswa. Data lapangan menunjukkan bahwa 79% siswa menyatakan mata pelajaran fisika sulit dipahami.
5. Kurangnya pemanfaatan media pembelajaran fisika berbasis virtual laboratorium pada materi fisika yang sulit.
6. Materi fisika inti sulit dipahami oleh siswa. Data lapangan menunjukkan bahwa penyampaian materi fisika inti kurang maksimal, dibuktikan dengan tingkat ketercapaian materi fisika inti di sekolah masih rendah yakni sekitar 35% siswa memiliki nilai diatas KKM.
7. Kurangnya keterampilan sains siswa dalam melakukan praktikum khususnya keterampilan - keterampilan dasar.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Materi yang diajarkan dibatasi pada materi fisika inti kelas XII semester II untuk sub bab peluruhan alfa dan peluruhan beta.
2. Keterampilan Proses Sains (KPS) dibatasi pada keterampilan dasar (*basic skill*), antara lain observasi/klasifikasi, membuat hipotesis, eksperimen, dan menyimpulkan.

D. Rumusan Masalah

Rumusan permasalahan dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana mengembangkan modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium untuk memfasilitasi Keterampilan Proses Sains pada materi Fisika Inti dengan menggunakan *PhET simulation*?
2. Bagaimana kelayakan modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium untuk memfasilitasi Keterampilan Proses Sains pada materi Fisika Inti dengan menggunakan *PhET simulation* berdasarkan penilaian ahli?
3. Bagaimana respon siswa terhadap penggunaan modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium untuk memfasilitasi Keterampilan Proses Sains pada materi Fisika Inti dengan menggunakan *PhET simulation*?
4. Bagaimana keterlaksanaan modul praktikum berbasis virtual laboratorium untuk memfasilitasi Keterampilan Proses Sains pada materi Fisika Inti dengan menggunakan *PhET simulation*?

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengembangkan modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium untuk memfasilitasi Keterampilan Proses Sains pada materi Fisika Inti dengan menggunakan *PhET simulation*.
2. Mengetahui kelayakan modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium untuk memfasilitasi Keterampilan Proses Sains pada materi Fisika Inti dengan menggunakan *PhET simulation* berdasarkan penilaian ahli.
3. Mengetahui respon siswa terhadap penggunaan modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium untuk memfasilitasi Keterampilan Proses Sains pada materi Fisika Inti dengan menggunakan *PhET simulation*.
4. Menguji keterlaksanaan modul praktikum berbasis virtual laboratorium untuk memfasilitasi Keterampilan Proses Sains pada materi Fisika Inti dengan menggunakan *PhET simulation*.

F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Produk yang dikembangkan dalam penelitian pengembangan ini adalah produk berupa modul praktikum pembelajaran fisika, dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Modul yang dikembangkan ialah modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium menggunakan *PhET Simulation* untuk memfasilitasi keterampilan proses sains.

2. Pola penyajian modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium ini menggunakan tahap keterampilan proses sains dengan keterampilan dasar (*basic skill*) yang meliputi : observasi/klasifikasi, membuat hipotesis, eksperimen, dan menyimpulkan.
3. Disajikan kutipan teori menarik pada modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium yang berkaitan dengan praktikum yang dilakukan mengenai materi peluruhan alfa dan peluruhan beta dengan tujuan untuk menstimulus siswa dalam memahami materi Fisika Inti.
4. Modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium dilengkapi dengan teknologi *QR Code* yang diintegrasikan kedalam aplikasi *windows* maupun *android* sehingga praktikum peluruhan alfa dan peluruhan beta mampu diakses siswa secara *offline* melalui laptop (*windows*) ataupun *handphone* (*android*) secara *online*.
5. Bagian – bagian yang terdapat pada modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium ini, antara lain :
 - a. Sampul (*cover*) modul
 - b. Kata Pengantar
 - c. Daftar isi
 - d. Pendahuluan (petunjuk penggunaan modul, cara penggunaan aplikasi *PhET Simulation*, kompetensi inti, dan kompetensi dasar)
 - e. Apersepsi

- f. Konten praktikum (tujuan praktikum, kebutuhan praktikum, skema laboratorium virtual, dasar teori, langkah kerja, data hasil pengamatan, dan kesimpulan)
- g. Glosarium
- h. Daftar Pustaka
- i. Penutup

G. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi peneliti, hasil penelitian ini dapat diterapkan oleh calon pendidik guna meningkatkan pembelajaran di kelas pada masa yang akan datang.
2. Bagi guru, sebagai informasi yang perlu diperhatikan dalam memilih model pembelajaran yang cocok, efisien, dan menarik guna meningkatkan efisiensi pembelajaran di kelas.
3. Bagi peserta didik, dapat meningkatkan pemahaman dan motivasi siswa dalam proses belajar.
4. Bagi sekolah, sebagai sumber informasi bagi sekolah mempertimbangkan dan merancang masalah terkait pembelajaran khususnya di bidang pembelajaran fisika. Untuk meningkatkan hasil belajar bagi siswa kelas XII materi Fisika Inti semester II, dimana hasil penelitian ini juga diharapkan dapat mengidentifikasi dan menawarkan pengetahuan tentang derajat keefektifan model simulasi menggunakan media *PhET Simulation*.

H. Keterbatasan Pengembangan

Penelitian ini merupakan penelitian *Research and Develop* (RnD) yang menghasilkan produk berupa modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium pada materi Fisika Inti berbasis PhET *simulation*. Prosedur pengembangan penelitian ini menggunakan model 4-D atau *four-D models* menurut Thiagarajan Sivasailam dengan beberapa penyesuaian. Tahap prosedur pengembangan hanya dilakukan 3 tahapan, yaitu pengembangan (*develop*), tahap perancangan (*design*), dan tahap pengembangan (*develop*). Pada penelitian ini dibatasi pada tahap *develop* (pengembangan) pada uji coba luas dengan tujuan untuk mengetahui kelayakan modul praktikum berbasis virtual laboratorium untuk memfasilitasi Keterampilan Proses Sains pada materi Fisika Inti dengan menggunakan *PhET simulation*.

I. Definisi Operasional

1. Media Pembelajaran adalah penggunaan media untuk membangkitkan minat siswa dalam belajar serta guna menstimulus ide, gagasan, dan bakat mereka baik di dalam maupun di luar kelas. Media pembelajaran juga dapat berbentuk perangkat atau bahan ajar dalam pembelajaran.
2. Laboratorium Virtual merupakan simulasi perangkat lunak komputer (*software*) interaktif yang memungkinkan siswa melakukan kegiatan praktikum di laboratorium secara virtual.
3. Keterampilan Proses Sains adalah kemampuan yang digunakan para ilmuwan untuk menyusun dan mengungkap pengetahuan baru dalam mendefinisikan masalah dalam kajian ilmiah, serta mampu

mendesripsikan masalah kegiatan pembelajaran sebagai pengenalan cara berpikir ilmiah sejak dini, sehingga proses berpikir dapat terstruktur dan teratur.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Penelitian ini menghasilkan bahan ajar berupa modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium *PhET Simulation* pada materi fisika inti yang dapat digunakan sebagai sumber belajar mandiri. Produk yang dikembangkan didasarkan pada analisis kebutuhan yaitu meliputi analisis sekolah, siswa, dan materi di MAN 1 Yogyakarta. Hasil analisis tersebut dilanjutkan dengan pemilihan bahan berupa modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium *PhET Simulation*.
2. Kualitas modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium berdasarkan penilaian ahli materi, ahli media, dan guru fisika SMA memperoleh kriteria Sangat baik (SB) dengan rerata skor masing – masing sebesar 3,80; 3,78; dan 4.
3. Respon siswa terhadap modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium pada uji terbatas dan uji luas masuk dalam kriteria Setuju (S) dengan rerata skor sebesar 0,98 pada uji terbatas dan uji luas.
4. Penilaian keterlaksanaan modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium untuk memfasilitasi Keterampilan Proses Sains memperoleh kriteria Baik (B) pada aspek observasi dengan rerata skor 3,15 serta kriteria Sangat Baik (SB) pada aspek menyusun hipotesis, eksperimen, dan menyimpulkan dengan rerata skor masing – masing ialah 3,33; 3,55; dan 4

sehingga dapat dikatakan pada uji keterlaksanaan modul yang dikembangkan ialah tercapai.

B. Keterbatasan Penelitian

Penelitian pengembangan ini memiliki keterbatasan penelitian diantaranya hanya memfokuskan pengembangan modul praktikum fisika ini berbasis virtual laboratorium dengan *PhET Simulation*, dan belum dilakukannya tahap *disseminate* (penyebarluasan). Hal ini dikarenakan biaya yang diperlukan cukup besar.

C. Saran Pemanfaatan Modul Praktikum Fisika

Peneliti berharap dengan adanya modul praktikum yang telah dikembangkan ini dapat digunakan oleh siswa sebagai salah satu referensi dalam belajar mandiri. Keberadaan modul praktikum fisika berbasis virtual laboratorium ini juga dapat membantu siswa dalam memahami konsep materi fisika khususnya materi fisika ini pada sub bab peluruhan alfa dan peluruhan beta.

1. Saran Pengembangan Modul Fisika

Peneliti pengembangan modul praktikum fisika ini dilakukan pada tahap *develop* (pengembangan) uji terbatas, uji luas dan uji keterlaksanaan, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut ke tahap – tahap *disseminate* (penyebarluasan) dan keefektifan agar diperoleh produk yang lebih baik.

2. Saran Pengembangan Aplikasi *PhET Simulation*

Penambahan keterangan waktu paruh dan waktu untuk meluruh sepenuhnya pada aplikasi *PhET Simulation* untuk simulasi atom tunggal dan *multiple* atom, baik pada simulasi peluruhan alfa maupun peluruhan beta untuk memudahkan siswa memahami konsep arti peluruhan. Kemudian, untuk mendukung variasi simulasi pada peluruhan alfa maupun peluruhan beta, lebih baik diperkaya variasi jenis atom yang dapat disimulasikan.



DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, I. (2021). *Desain Sistem Pembelajaran Dalam Konteks Kurikulum 2013*. 4(3), 145–158.
- Ade, E., Hidayat, S., & Fadillah, E. N. (2018). *Analisis Keterampilan Proses Sains Siswa Sekolah Menengah Atas*. 4(2), 245–252.
- Adhim, F. F. (2021). *Pengaruh Model Pembelajaran Guided Inquiry Menggunakan Simulasi PhET Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas X SMK Kesehatan Bantul Tahun Pelajaran 2020/2021*. UIN Sunan Kalijaga.
- Agusti, N. E., & Jatmiko, B. (2022). *Keefektifan Pembelajaran Fisika dengan Model Inkuiri Terbimbing Berbantuan PhET Interactive Simulations untuk Meningkatkan Kemampuan Berfikir Kritis Siswa SMA*. 6(2).
- Asrizal, Ananda, A., & Khairani. (2018). *Effectiveness Of Integrated Science Instructional Material On Pressure In Daily Life Theme to Improve Digital Age Literacy of Students*. 1006(012031).
- Astuti, & Bhakti. (2021). *Developing Adobe Flash based mathematics learning media for 7th-grade students of junior high school*. 1188(1), 134–156.
- Aziz, F. S. (2021). *Implementasi Paradigma Integrasi-Interkoneksi Dalam Pembelajaran Fisika*. 3(1), 56–70.
- Bryce, T. G. K., McCall, MacGregor, Robertson, & Weston. (1990). *Techniques for Assessing Process Skills in Practical Science*. Heinemann Educational Books.
- Cansraningrum, P. A. (2019). *Development of Physics Learning Module With Simulation PhET on Gravitation Material for Class 11st Senior High School in SMA Negeri 1 Mlati* [Skripsi]. UIN Sunan Kalijaga.
- Defianti, A. (2021). *Penerapan Metode Praktikum Virtual Berbasis Simulasi PhET Berbantuan Guided-Inquiry Untuk Meningkatkan Pengetahuan Konten Fisika*. 11(1), 47–55.

- Dimiyati & Mujdiono. (2002). *Belajar dan Pembelajaran*. Rineka Cipta.
- Dinatha, N. M., & Kua, M. Y. (2019). *Pengembangan Modul Praktikum Digital Berbasis Nature of Science (NOS) Untuk Meningkatkan Higher Order Thinking Skill (HOTS)*. 3(4), 293–300.
- Dolokasribu. (2021). *The Reconstruction Model of Science Learning based PhET-Problem Solving*. 3(1), 37–47.
- Donna, M. W. (1994). *Science and Mathematics In Early Childhood Education*. Harper Collins College Publisher.
- Ekosari, L. Q., Prihandono, T., & Lesmono, A. D. (2019). *Analisis Efektivitas Laboratorium Fisika Dalam Pembelajaran Fisika SMA dan Kesesuaiannya Dengan Kurikulum 2013*. 3(1).
- Halliday, & Resnick. (2011). *Fundamentals of Physics* (8th ed.).
- Hamid, H. (2013). *Pengembangan Sistem Pendidikan di Indonesia* (1st ed.). Pustaka Setia.
- Harsani, A. C. (2020). *Kajian Keterampilan Proses Sains pada Buku Teks Pelajaran Fisika SMA Kelas XII Semester I*. 13(1), 121–128.
- Hartawan, Tastra, & Pudjawan. (2022). *Pengembangan Portal E-learning Berbasis Moodle pada Mata Pelajaran Fisika Kelas X di SMA Dwijendra Denpasar*. 2(1).
- Hartini, Susilowati, & Misbah. (2019). *Media Pembelajaran Fisika SMA Berbasis E-learning di Kabupaten Tanah Laut Sebagai Upaya Melatihkan Literasi Digital*. 1(1).
- Hartono, M. R. (2022). *Kesenjangan lembaga Pendidikan Wilayah perkotaan dengan Wilayah Terpencil*. 3(2).
- Haryadi, & Pujiastuti. (2019). *PhET Simulation Software-Based Learning to Improve Science Process Skills*. 1–6.

- Hashemipour, M., Manesh, H. F., & Bal, M. (2022). *A Modular Virtual Reality System for Engineering Laboratory Education*. 19(2), 305–314.
- Hikmah, N., Saridewi, N., & Agung, S. (2019). *Penerapan Laboratorium Virtual Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa*. 2(2), 186–195.
- Inayah. (2021). *PhET Simulation Effectiveness as Laboratory Practices Learning Media to Improve Students' Concept Understanding and Critical Thinking Skills*. 3(1), 46–65.
- Irwandani. (2020). *Multi Representasi Sebagai Alternatif Pembelajaran Dalam Fisika*. 3(1).
- Ismail, Permanasari, A., & Setiawan, W. (2021). *Efektivitas Virtual Lab Berbasis STEM dalam Meningkatkan Literasi Sains Siswa dengan Perbedaan Gender*. 2(2), 190–201.
- Istikhomah, R. I., & Wachid, A. (2021). *Filsafat Sebagai Landasan Ilmu dalam Pengembangan Sains*. 4(1), 59–64.
- Karanggulimu, L., Sudjito, D. N., & Noviadini, D. (2021). *Desain Modul Praktikum Mandiri tentang Gerak Parabola Menggunakan Simulasi PhET "Project Motion."* 2(1), 216–226.
- Kartika, I. (2020). *Pengembangan E-Modul dengan Pendekatan Problem Based Learning untuk Peserta Didik SMA/MA Kelas XI Materi Gejala Gelombang*. 11(2), 185–201.
- Krane, K. (2012). *Modern Physics* (3rd ed.). Kaya Pace.
- Kurnianto, F. (2018). *Pengembangan Modul IPA Berbasis Kearifan Lokal Untuk Peserta Didik Kelas VII Di SMP N 1 Jetis Bantul*.
- Lepiyanto, A. (2019). *Analisis Keterampilan Proses Sains Pada Pembelajaran Berbasis Praktikum*. 5(2), 156–161.
- Lesmana, D. (2021). *Kandungan Nilai Dalam Tujuan Pendidikan Nasional (Core Ethical Values)*. 3(2), 18–31.

- Mahtari. (2019). *The Effectiveness of The Student Worksheet with PhET Simulation Used Scaffolding Question Prompt*.
- Maksum, A. H., & Saragih, Y. (2020). *Analisis Penerapan Virtual Laboratorium Versus Reality Laboratorium*. 17(2), 47–52.
- Masita, S. I., Donuata, P. B., & Ete, A. A. (2020). *Enggunaan PhETSimulation Dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Peserta Didik*. 5(2), 136–141.
- Mukminan. (2020). *Tantangan Pendidikan di Abad-21*. 4(1).
- Murdani, E. (2020). *Hakikat Fisika dan Keterampilan Proses Sains*. 3(2).
- Muslim, M., Syuhendri, & Saparini. (2019). *Pengembangan Modul Praktikum Elektronik Berbasis Proyek Untuk meningkatkan Pemahaman Konsep Mahasiswa*. 179–186.
- Muzana, S. R., & Astuti Desi. (2019). *Penerapan Pembelajaran Berbasis Simulasi PhET Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Inti Pada Siswa SMA*. 409–417.
- Purnama, A. Y. (2021). *Fisika Inti*. Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa.
- Putranta, H. (2019). *Physics learning by PhET simulation-assisted using problem based learning (PBL) model to improve students' critical thinking skills in work and energy chapters in MAN 3 Sleman*. 20(1), 1–44.
- Qomariyah, N. (2019). *Pengembangan Modul Fisika Dengan Konten Kecerdasan Emosional Untuk Meningkatkan High Order Thinking Skills (HOTS) Peserta Didik kelas X SMK Negeri Nusawungu [Skripsi]*. Universitas Muhammadiyah Purworejo.
- Rahayu, S. D., Prihandono, T., & Gani, A. A. (2021). *Pengembangan Modul Fisika Berbasis Concept Mapping Pada Materi Elastisitas di SMA*. 6(3).
- Razi, P. (2022). *Hubungan Motivasi Dengan Kerja Ilmiah Siswa Dalam Pembelajaran Fisika Menggunakan Virtual Laboratorium Kelas X SMAN Kota Padang*. 6(2).

- Risma. (2019). *Pengembangan Bahan Ajar Interaktif dengan Pendekatan Saintifik bermuatan Nilai – Nilai Karakter pada Materi Hukum Newton Kelas X SMA/MA*. 12(1), 81–88.
- Rizaldi, D. R., Jamaluddin, & Jufri, A. W. (2020). *PhET : Simulasi Interaktif dalam Proses Pembelajaran Fisika*. 5(10–14).
- Rizky, K., Khusyairi, U., & Hidayat, M. Y. (2021). *Efektivitas Pembelajaran Praktikum Berbasis Inkuiri Terbimbing Terhadap Gerak Adaptif (Keterampilan) Mata Pelajaran Fisika*. 4(2).
- Samsu, N., & Mustika, D. (2021). *Analisis Kelayakan dan Kepraktisan Modul Praktikum Berbasis Literasi Sains Untuk Pembelajaran IPA*. 3(1), 208–216.
- Saprudin, Haerullah, A., & Hamid, F. (2021). *Analisis Penggunaan E-Modul Dalam Pembelajaran Fisika: Studi Literatur*. 2(2), 38–42.
- Sembiring, T. (2021). *Ilmu Fisika dan Ridet Dasar Serta Tantangannya*. 4(1).
- Setiawan, A. (2007). *Modul Fisika Inti dan Radioaktif*. Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Pendidikan Matematika dan IPA Universitas Pendidikan Indonesia.
- Siswanto, J., Susantini, E., & Jatmiko, B. (2019). *Kepraktisan Model Pembelajaran Investigation Based Multiple Representation (IBMR) dalam Pembelajaran Fisika*. 7(2).
- Subagia, W. (2021). *Implementasi Pendekatan Ilmiah dalam Kurikulum 2013 Untuk Mewujudkan Tujuan Pendidikan Nasional*. 5(1), 16–29.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (19th ed.). Alfabeta.
- Thiagarajan, S., Semmel, D., & Semmel, M. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*. Indiana Univ., Bloomington, Center for Information in Teaching the Handicapped.
- Tipler, P. A., & Llewellyn, R. A. (2008). *Modern Physics* (5th ed.). Clancy Marshall.

Widoyoko, E. P. (2012). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Pustaka Pelajar.

Wiyatmo, Y. (2011). *Fisika Inti*. Universitas Negeri Yogyakarta.

