

**PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS SIMULASI
PHET PADA MATERI GELOMBANG BERJALAN
DAN STASIONER UNTUK MEMFASILITASI
KETERAMPILAN PROSES SAINS PESERTA DIDIK
KELAS XI SMA/MA**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN



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-2562/Un.02/DT/PP.00.9/08/2025

Tugas Akhir dengan judul : Pengembangan LKPD Berbasis Simulasi PhET pada Materi Gelombang Berjalan dan Stasioner untuk Memfasilitasi Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Kelas XI SMA/MA

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : NOVITA MAHARANI
Nomor Induk Mahasiswa : 21104050017
Telah diujikan pada : Selasa, 12 Agustus 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Rachmad Resmiyanto, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6ba739e50a4b



Pengaji I
Dr. Winarti, S.Pd., M.Pd.Si
SIGNED



Pengaji II
Nira Nurwulandari, M.Pd.
SIGNED



Yogyakarta, 12 Agustus 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd.
SIGNED



Valid ID: 6ba3d7815567

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Novita Maharani

NIM : 21104050017

Program Studi : Pendidikan Fisika

Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana yang berjudul “Pengembangan LKPD Berbasis Simulasi PhET pada Materi Gelombang Berjalan dan Stasioner untuk Memfasilitasi Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Kelas XI SMA/MA” merupakan karya hasil tulisan saya sendiri. Adapun bagian-bagian yang saya kutip dari hasil karya tulisan orang lain sebagai bahan acuan telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika dalam penulisan ilmiah, serta dicantumkan 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.

Yogyakarta, 05 Agustus 2025

Yang menyatakan,



Novita Maharani
NIM. 21104050017

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Permohonan Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : Satu Bendel Skripsi

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Setelah membaca, meneliti, dan memberi petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi mahasiswa:

Nama : Novita Maharáni

NIM : 21104050017

Judul Skripsi : Pengembangan LKPD Berbasis *PhET Simulation* Pada Materi Gelombang Berjalan dan Stasioner untuk Memfasilitasi Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Kelas XI SMA/MA

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

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir mahasiswa tersebut dapat segera dimunaqosahkan. Atas perhatian Bapak/Ibu kami ucapan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 31 Juli 2025

Pembimbing,

Rachmad Résmiyanto, M.Sc.

NIP. 19820322 201503 1 002

MOTTO

If the plan doesn't work, change the plan but never the goal.



HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil ‘alamin

Atas berkat rahmat Allah SWT, hamba akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini. Semua ini tidak lepas dari pertolongan-Nya yang selalu hadir di setiap langkah, setiap lelah, dan setiap doa yang terucap dalam diam.

Tugas akhir ini penulis persembahkan untuk Bapak, Ibu, Adik, dan keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan motivasi untuk terus berusaha menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima kasih atas kasih sayang yang tulus, do'a yang tak pernah henti, serta pengorbanan yang begitu besar selama ini. Tanpa kehadiran dan doa kalian, mungkin langkah ini terasa jauh lebih berat. Terima kasih karena telah menjadi alasan penulis bisa duduk di bangku kuliah dan menyelesaikan perjalanan ini hingga akhir. Semoga Allah membalas setiap kebaikan dengan keberkahan yang tak terhingga. Aamiin



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “Pengembangan LKPD Berbasis Simulasi PhET pada Materi Gelombang Berjalan dan Stasioner untuk Memfasilitasi Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Kelas XI SMA/MA” dengan sebaik-baiknya.

Perjalanan dalam menyusun skripsi ini bukanlah hal yang mudah. Tidak jarang penulis menemui berbagai hambatan, baik dari segi teknis maupun mental. Ada kalanya rasa lelah, bingung, bahkan ingin menyerah datang silih berganti. Namun, dalam setiap langkah dan proses yang dijalani, penulis menyadari betapa besar peran Allah SWT yang senantiasa memberi kekuatan, kesabaran, dan ketenangan hati untuk terus melanjutkan. Segala bantuan dan kekuatan itu pun Allah hadirkan melalui perantara orang-orang baik yang senantiasa memberikan bantuan, dukungan, serta bimbingan disetiap tahap proses ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga, Bapak Tarnyo, S.Pd., MM, Ibu Nurul Fauziati, S.Pd., MM, dan Adik Zivany Maulida.
2. Bapak Prof. Noorhaidi Hasan, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga.
3. Bapak Prof. Dr. Sigit Purnama, M.Pd selaku Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga.
4. Ibu Iva Nandy Atika, M.Ed sebagai Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Ibu Nira Nurwulandari, M.Pd sebagai Dosen Pembimbing Akademik sekaligus dosen penguji pertama yang telah memberikan ilmu maupun arahan selama masa studi.
6. Bapak Rachmad Resmiyanto, S.Si., M.Sc sebagai Dosen Pembimbing Skripsi. Terima kasih atas dedikasi serta ketulusan dalam memberikan

arahan dan ilmu pada penyusunan skripsi ini. Penulis juga sangat berterima kasih karena telah menerima saya dengan baik, memberikan motivasi, dan semangat yang membuat saya terus percaya diri untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

7. Ibu Dr. Winarti, M.Pd.Si selaku dosen penguji satu, terima kasih atas bimbingan, ilmu, saran maupun kritik yang telah diberikan.
8. Segenap dosen Program Studi Pendidikan Fisika, dosen dan karyawan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan yang telah memberikan ilmu serta bantuan administrasi.
9. Seluruh guru, Karyawan dan Peserta didik SMA Negeri 1 Piyungan.
10. Terima kasih kepada Fitriyana Noor Misadi, teman satu bimbingan yang selalu bersama dalam setiap proses menangis, terpuruk, saling menyemangati, dan tetap memilih mengerjakan hingga selesai.
11. Sahabat Sirarom 2024 Inayati Sari Pratiwi, Irlesta Rahma Lani, dan Kriesna Harry Pradana semoga selalu diberkahi kebahagiaan dan sukses dunia dan akhirat. Aamiin
12. Teman-teman dari Program Studi Pendidikan Fisika Angkatan 2021.
13. Teman-teman yang telah membersamai penulis dalam perjalanan perkuliahan serta seluruh pihak yang turut membantu dalam penelitian.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan semua pihat diatas menjadi amalan yang bermanfaat dan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak serta dapat dijadikan referensi sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 12 Agustus 2025

Penulis



Novita
NIM:21104050017

PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS SIMULASI PHET PADA MATERI GELOMBANG BERJALAN DAN STASIONER UNTUK MEMFASILITASI KETERAMPILAN PROSES SAINS PESERTA DIDIK KELAS XI SMA/MA

Novita Maharani

21104050017

INTISARI

Penggunaan bahan ajar berupa LKPD berbasis simulasi PhET penting dilakukan untuk mendukung keterampilan proses sains peserta didik, terutama di sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium. Pengembangan ini dilatarbelakangi oleh rendahnya pemahaman konsep gelombang dan kurang terasahnya keterampilan proses sains akibat minimnya kegiatan praktikum, sehingga diperlukan alternatif berupa simulasi virtual yang interaktif, mudah diakses, dan mampu memfasilitasi eksperimen secara efektif. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mengembangkan LKPD berbasis simulasi PhET pada materi gelombang berjalan dan stasioner guna memfasilitasi keterampilan proses sains peserta didik SMA/MA; (2) Menilai kualitas LKPD tersebut berdasarkan penilaian para ahli; (3) Mengetahui respon peserta didik terhadap LKPD; dan (4) Menguji keterlaksanaannya dalam pembelajaran.

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan dengan model 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*), namun dibatasi hingga tahap Develop. Uji coba dilakukan melalui uji coba luas dan uji keterlaksanaan. Instrumen penelitian meliputi angket, lembar validasi, lembar penialain, lembar respons peserta didik, dan lembar keterlaksanaan. Penilaian dilakukan oleh 2 ahli materi dan 2 ahli grafika. Penilaian kualitas dan keterlaksanaan menggunakan skala *Likert* (1–4), sedangkan respons peserta didik dinilai dengan skala *Guttman*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas LKPD yang dikembangkan termasuk dalam kategori Sangat Baik menurut ahli materi (skor 3.6), ahli grafika (3.7), dan guru fisika (3.6). Uji coba menghasilkan skor respons peserta didik sebesar 0.88 (kategori Setuju). Penilaian keterlaksanaan menunjukkan kategori Baik (skor 3) pada aspek menyusun hipotesis, eksperimen, dan kesimpulan, serta kategori Sangat Baik (3.5) pada observasi dan interpretasi. Rata-rata keterlaksanaan secara keseluruhan adalah 3.2 (Baik) dengan kriteria tercapai.

Kata kunci : LKPD, Gelombang Berjalan, Gelombang Stasioner, Keterampilan Proses Sains, Simulasi PhET

**DEVELOPMENT OF PHET SIMULATION-BASED STUDENT
WORKSHEETS ON TRAVELING AND STANDING WAVE MATERIAL
TO FACILITATE SCIENCE PROCESS SKILLS OF GRADE XI SENIOR
HIGH SCHOOL STUDENTS**

Novita Maharani

21104050017

ABSTRACT

The use of PhET Simulation-based Student Worksheets (LKD) is essential to support students' science process skills, especially in schools with limited laboratory facilities. This development was motivated by the low level of conceptual understanding of waves and the lack of science process skills due to minimal practical activities, making interactive and accessible virtual simulations an effective alternative to facilitate experiments. This study aims to: (1) develop PhET Simulation-based LKD on traveling and standing wave materials to facilitate the science process skills of high school students; (2) evaluate the quality of the LKD based on expert assessments; (3) identify students' responses to the LKD; and (4) examine its implementation in learning.

The research method employed was a development study using the 4D model (Define, Design, Develop, Disseminate), but limited to the Develop stage. Trials were conducted through large-scale testing and implementation testing. Research instruments included questionnaires, validation sheets, evaluation sheets, student response sheets, and implementation sheets. Assessments were carried out by two material experts and two graphic experts. The quality and implementation were evaluated using a Likert scale (1–4), while student responses were measured using the Guttman scale.

The results showed that the quality of the developed LKD was classified as Very Good according to material experts (score 3.6), graphic experts (3.7), and physics teachers (3.6). The trials produced a student response score of 0.88 (Agree category). Implementation assessment indicated a Good category (score 3) in hypothesis formulation, experimentation, and conclusion, as well as a Very Good category (3.5) in observation and interpretation. The overall average implementation score was 3.2 (Good), with the criteria successfully achieved.

Keywords: *PhET Simulation, Science Process Skills, Standing Waves, Student Worksheets, Traveling Waves*

DAFTAR ISI

PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
INTISARI	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	7
C. Batasan Masalah.....	7
D. Rumusan Masalah	8
E. Tujuan Penelitian.....	8
F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan	9
G. Manfaat Penelitian	9
H. Batasan Pengembangan.....	10
I. Definisi Istilah.....	10
BAB II LANDASAN TEORI	11
A. Kajian Teori.....	11
B. Kajian Penelitian yang Relevan	28
C. Kerangka Berpikir.....	30
BAB III METODE PENELITIAN	32

A.	Model Pengembangan.....	32
B.	Prosedur Pengembangan	32
C.	Uji Coba Produk.....	38
D.	Teknik Pengumpulan Data dan Instrumen Pengumpulan Data.....	40
E.	Teknik Analisis Data	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		47
A.	Hasil Penelitian	47
B.	Pembahasan.....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		75
A.	Kesimpulan	75
B.	Keterbatasan Penelitian	76
C.	Saran Pemanfaatan dan Pengembangan Lebih Lanjut	76
DAFTAR PUSTAKA.....		77
LAMPIRAN.....		81



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Keterampilan Proses dan Indikator dalam penelitian.....	20
Tabel 3. 1 Kriteria Skor Penilaian	42
Tabel 3. 2 Kriteria Penilaian Produk	43
Tabel 3. 3 Skor Jawaban Skala Guttman.....	44
Tabel 3. 4 Kriteria Skor Penilaian Skala Guttman	45
Tabel 3. 5 Kriteria Skor Penilaian	45
Tabel 3. 6 Kriteria Keterlaksanaan Produk	46
Tabel 4. 1 Saran dan Masukan Validator Ahli Materi	51
Tabel 4. 2 Hasil Revisi Berdasarkan Saran dan Masukan Validator Ahli Materi ...	51
Tabel 4. 3 Saran dan Masukan Validator Ahli Grafika.....	52
Tabel 4. 4 Hasil Revisi Berdasarkan Saran dan Masukan Validator Ahli Grafika	53
Tabel 4. 5 Data Hasil Penilaian Ahli Materi	54
Tabel 4. 6 Saran dan Masukan Penilaian oleh Ahli Materi	54
Tabel 4. 7 Data Hasil Penilaian Ahli Grafika	55
Tabel 4. 8 Saran dan Masukan Penilaian oleh Ahli Grafika	55
Tabel 4. 9 Data Hasil Penilaian Guru Fisika	56
Tabel 4. 10 Saran dan Masukan Penilaian oleh Guru Fisika.....	56
Tabel 4. 11 Data Hasil Uji Coba Terbatas	58
Tabel 4. 12 Data Hasil Uji Coba Luas.....	59
Tabel 4. 13 Data Hasil Keterlaksanaan	59
Tabel 4. 14 Tampilan Bagian-Bagian LKPD	60

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tampilan <i>PhET</i> Simulation Pada Gelombang Tali.....	18
Gambar 2. 2 Gelombang transversal.....	23
Gambar 2. 3 Ilustrasi Gelombang Stasioner Ujung Bebas.....	25
Gambar 2. 4 Ilustrasi Gelombang Stasioner Ujung Terikat	27
Gambar 2. 5 Desain Kerangka Berpikir.....	31
Gambar 4. 1 Cover LKPD.....	48
Gambar 4. 2 Tampilan Langkah-Langkah dan Kolom Hasil Percobaan.....	64



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Identitas Validator dan Penilai	82
Lampiran 2. Lembar Validasi Instrumen.....	84
Lampiran 3. Lembar Validasi Produk	86
Lampiran 4. Lembar Penilaian.....	90
Lampiran 5. Kisi-Kisi Dan Rubrik Validasi Dan Penilaian	98
Lampiran 6. Analisis Hasil Kualitas LKPD	125
Lampiran 7. Analisis Hasil Respon Peserta Didik	127
Lampiran 8. Analisis Hasil Keterlaksanaan	129
Lampiran 9. Gambar Bagian LKPD.....	131
Lampiran 10. Respon Peserta Didik	132
Lampiran 11. Dokumentasi	133
Lampiran 12 Curiculum Vitae.....	134



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Sebagai salah satu bidang studi Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), fisika merupakan ilmu pengetahuan yang tidak terpisahkan dengan fenomena alam dan aktivitas manusia. Ilmu pengetahuan ini merupakan salah satu yang paling fundamental mempelajari materi, gaya yang berkerja didalamnya, gejala alam yang hidup maupun tidak yang mencakup ruang dan waktu serta berkaitan dengan konsep energi (Kiswanto, 2022). Fenomena fisika dalam kehidupan sehari-hari yang bersifat fisis dapat dipelajari dengan melakukan pengamatan atau eksperimen untuk mencari jawaban logis atas suatu fenomena tersebut (Damanik, 2022). Mata pelajaran fisika di sekolah bertujuan untuk memberikan pemahaman kepada peserta didik tentang cara kerja alam sekitar sekaligus melatih kemampuan berpikir kritis dalam memecahkan masalah yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari.

Pada mata pelajaran fisika di sekolah adanya sebuah eksperimen tentu sangat membantu dalam penyampaian materi, terutama pada materi yang sulit untuk dijelaskan tanpa ada contoh secara langsung dihadapan peserta didik. Tidak adanya eksperimen tentu akan membuat peserta didik hanya membayangkan tanpa memahami dengan jelas apa yang disampaikan oleh guru. Kegiatan eksperimen atau laboratorium menunjang peserta didik dalam meningkatkan keterampilan proses sains seperti cara berpikir, melakukan pekerjaan, berkomunikasi, serta sikap dalam pengambilan dan memecahkan suatu masalah. Melalui keterampilan proses sains yang dimiliki, peserta didik akan mampu untuk menemukan fakta, konsep, dan teori baru berdasarkan kemampuan yang dimiliki (Alam, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa penting adanya laboratorium yang memadai disekolah untuk menunjang pembelajaran.

Salah satu cara untuk mengoptimalkan kegiatan eksperimen dalam pembelajaran fisika adalah dengan memanfaatkan bahan ajar yang dapat membantu peserta didik dalam memahami konsep secara lebih terstruktur.

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) merupakan salah satu bahan ajar yang dirancang untuk meningkatkan peran aktif peserta didik dalam proses pembelajaran. Sebagai pendukung buku paket atau teks yang dimiliki guru, LKPD memiliki tujuan dan rangkaian kegiatan yang mendukung pengembangan keterampilan peserta didik. Namun, penggunaan LKPD pada materi yang seharusnya melibatkan eksperimen atau percobaan menjadi kurang efektif ketika fasilitas laboratorium sekolah tidak memadai. Dalam kondisi seperti ini, peserta didik hanya dapat membayangkan fenomena yang seharusnya dapat mereka amati langsung, sehingga pemahaman mereka terhadap konsep yang diajarkan menjadi terbatas (Sholikhah & Sucayah, 2021).

Pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran dapat menjadi solusi alternatif dalam mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium serta mendukung kegiatan eksperimen secara lebih interaktif dan efektif. Perkembangan teknologi yang sangat pesat serta semakin banyaknya sumber belajar tentu menjadi salah satu tanggungjawab seorang guru untuk terus mengikuti perkembangan tersebut. Kemajuan teknologi juga memerlukan keseimbangan antara fasilitas, sarana, dan prasarana dalam proses pendidikan atau belajar mengajar. Hubungan antara perkembangan teknologi serta kelengkapan sarana dan prasana di sekolah mempengaruhi prestasi belajar peserta didik, jika komponen tersebut tidak seimbang maka dapat menurunkan minat dan semangat peserta didik untuk belajar. Akibatnya, potensi peserta didik tidak akan tersalurkan dan dikembangkan dengan baik (Maulansyah dkk., 2023). Pada mata pelajaran fisika perkembangan teknologi ini memunculkan laboratorium virtual yang dapat dijadikan sumber pembelajaran untuk peserta didik dalam memahami materi. Salah satu laboratorium virtual yang dapat digunakan yaitu *PhET simulation* (simulasi *PhET*).

Penggunaan media pembelajaran simulasi *PhET* dalam pembelajaran fisika memberikan dampak positif yang signifikan terhadap pemahaman konsep, keterlibatan, dan motivasi peserta didik. Simulasi interaktif ini memungkinkan peserta didik untuk mengeksplorasi konsep-konsep fisika

secara visual dan dinamis, sehingga lebih mudah dipahami dibandingkan dengan pendekatan konvensional. Selain itu, *PhET* mendorong keterlibatan aktif peserta didik melalui interaksi langsung dengan variabel-variabel fisika yang dapat diubah, serta memfasilitasi eksperimen virtual yang aman, murah, dapat diakses menggunakan *smartphone*, dan tidak terbatas oleh alat di laboratorium. Keunggulan utama *PhET* dalam pembelajaran fisika terletak pada kemampuannya dalam mempermudah pemahaman terhadap konsep-konsep yang kompleks secara menyenangkan, mendukung proses pembelajaran mandiri peserta didik, serta meningkatkan rasa ingin tahu dan motivasi belajar peserta didik (Chairunisa, 2024).

LKPD berbasis simulasi *PhET* dapat dikembangkan sebagai media pendukung yang memungkinkan peserta didik tetap dapat melakukan eksplorasi konsep fisika melalui simulasi atau laboratorium virtual. *PhET Simulation* merupakan salah satu *virtual laboratorium* yang telah ada sejak tahun 2002. Hampir semua materi fisika ada dalam simulasi *PhET* dengan visual yang menarik dan mudah untuk diakses sehingga dapat menarik perhatian peserta didik dalam pembelajaran. Penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa dengan memanfaatkan LKPD berbantuan *PhET Simulation* terbukti efektif serta membantu peserta didik dalam memahami konsep fisika yang abstrak dengan melakukan eksplorasi melalui percobaan virtual (Liana dkk., 2023; Rahmadita dkk., 2021; Yulia dkk., 2018).

Praktikum atau eksperimen di laboratorium nyata memiliki kesamaan dengan eksperimen menggunakan *PhET simulation* yang juga dapat mengembangkan keterampilan proses sains peserta didik, sehingga esensi dari ilmu yang dipelajari tetap terjaga (Masita dkk., 2020). Keefektifan penggunaan LKPD berbasis keterampilan proses sains dalam meningkatkan kemampuan proses sains peserta didik telah didukung oleh temuan penelitian sebelumnya. Anggraini & Nurita (2017) menyatakan bahwa penggunaan LKPD yang dirancang dengan pendekatan proses sains mampu memberikan dampak positif terhadap pengembangan keterampilan proses peserta didik, karena mendorong mereka untuk terlibat aktif dalam kegiatan ilmiah seperti mengamati,

merumuskan hipotesis, melakukan percobaan, menyimpulkan, serta menginterpretasi data secara mandiri. Sejalan dengan hal tersebut, Winarti & Saputri (2013) menegaskan bahwa keterlibatan peserta didik dalam mengetahui langkah-langkah apa yang akan dilakukan dalam penyelidikan sangat penting, dan hal tersebut dapat difasilitasi melalui *eksperimen* sederhana, latihan, dan tugas yang disajikan dalam media pembelajaran yang tepat, seperti LKPD atau modul berbasis keterampilan ilmiah.

Peran guru dan fasilitas sekolah disini sangatlah penting untuk memberi motivasi, menyampaikan materi, dan juga menunjang keterampilan lainnya agar peserta didik termotivasi untuk belajar khususnya pada mata pelajaran fisika yang tidak bisa dipungkiri bahwa mata pelajaran tersebut cukup sulit (Kurniasari dkk., 2019). Kenyataannya berdasarkan hasil wawancara dengan guru fisika salah satu SMA di Yogayakarta, diketahui bahwa keadaan laboratorium sekolah ini yang seharusnya menjadi tempat peserta didik untuk melakukan eksperimen fisika ternyata masih kurang mendukung. Ia menyatakan bahwa keterbatasan ketersediaan alat praktikum mengakibatkan beberapa materi fisika yang seharusnya dilakukan melalui kegiatan eksperimen tidak dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya. Salah satu materi tersebut adalah materi gelombang yang diajarkan dikelas sebelas pada semester genap.

Terbatasnya peralatan eksperimen gelombang, ia menyampaikan bahwa untuk materi tersebut dilakukan menggunakan LKPD yang sederhana serta demonstrasi secara langsung di depan kelas. Namun, hasil pembelajaran tersebut belum optimal. Konsep gelombang belum sepenuhnya dipahami secara mendalam oleh peserta didik. Selain itu, kurangnya eksperimen langsung menyebabkan keterampilan proses sains peserta didik tidak terasah dengan baik, sehingga mereka tidak dapat mengaplikasikan teori yang dipelajari dalam bentuk eksperimen praktis. Selaras dengan hasil penelitian oleh Mahmudah dkk (2019) yang diperoleh hasil bahwa 24% peserta didik memiliki keterampilan proses sains dengan kategori sedang, dan 76% berada pada kategori rendah. Ditinjau dari aspek setiap keterampilan proses sains,

diperoleh hasil bahwa peserta didik masih kurang terampil dalam aspek membuat hipotesis, dan membuat prosedur percobaan.

Hasil tes pemahaman konsep yang diberikan, di atas 57% peserta didik dapat mendeskripsikan bagian-bagian gelombang, seperti lembah, bukit, jumlah gelombang, dan unsur-unsur gelombang berdasarkan gambar profil gelombang. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar peserta didik telah memahami unsur-unsur gelombang dengan baik. Namun, hanya 39,3% peserta didik yang mampu memahami pengertian gelombang secara menyeluruh dan mendalam. Temuan ini menunjukkan bahwa pemahaman dasar mengenai definisi gelombang belum tertanam secara kuat dalam diri peserta didik. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa 92,9% peserta didik mampu memahami jenis gelombang. Namun, hanya 60,7% peserta didik yang memahami definisi dasar gelombang itu sendiri. Adanya gap sebesar 32,2% mengungkapkan adanya kesenjangan yang dimana peserta didik cenderung lebih mudah mengenali jenis-jenis gelombang secara praktis, tetapi mengalami kesulitan dalam memahami konsep dasarnya.

Sebanyak 85,7% peserta didik mampu mengetahui persamaan simpangan gelombang, hal ini berarti peserta didik memiliki penguasaan yang baik terhadap bentuk matematisnya. Namun, hanya 64,3% peserta didik yang memahami unsur-unsur yang terkandung dalam persamaan tersebut, seperti amplitudo, frekuensi, dan fase. Gap sebesar 21,4% ini mengungkapkan bahwa meskipun sebagian besar peserta didik dapat mengenali atau menuliskan persamaan, mereka masih menghadapi kesulitan dalam memahami makna dari setiap unsur di dalamnya. Hal ini menyoroti pentingnya penekanan pada konsep dasar dan interpretasi fisik dalam pembelajaran untuk memperkuat pemahaman peserta didik secara menyeluruh. Hal ini selaras dengan hasil penelitian oleh Mahombar (2024) yang menghasilkan kesimpulan bahwa hanya 35% peserta didik memiliki pemahaman konsep getaran dan gelombang. Faktor utama yang menjadi kendala dalam pemahaman konsep tersebut adalah terbatasnya sumber daya pendukung serta minimnya praktik atau eksperimen langsung dalam pembelajaran fisika di sekolah.

Pada Kurikulum Merdeka, pengembangan KPS sejalan dengan tuntutan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) yang menekankan pembelajaran berbasis inkuiri dan pengalaman langsung, sehingga diharapkan siswa mampu mengaitkan pengetahuan dengan fenomena nyata di sekitarnya serta membangun sikap ilmiah yang lebih matang. Penting bagi pembelajaran fisika untuk tidak hanya menekankan pada penguasaan simbolik atau matematis, tetapi juga pada pengembangan keterampilan proses sains seperti observasi, perumusan hipotesis, pelaksanaan eksperimen, analisis data, dan penyusunan kesimpulan. Keterampilan-keterampilan ini berperan penting dalam membantu peserta didik memahami makna dan hubungan antarunsur dalam suatu konsep secara lebih mendalam. Dengan melatih peserta didik untuk mengamati fenomena, merumuskan dugaan ilmiah, menguji melalui eksperimen, serta menganalisis dan menarik kesimpulan secara logis. Penelitian oleh Azzahra dkk., (2025) menunjukkan bahwa keterampilan proses sains memiliki korelasi positif yang signifikan terhadap pemahaman konsep fisika. Selain itu, keterampilan proses sains juga mendorong peserta didik untuk berpikir kritis, kreatif, dan mandiri dalam menyelesaikan masalah, yang sangat relevan dengan karakteristik pembelajaran fisika sebagai ilmu berbasis empiris dan eksploratif. Oleh karena itu, penerapan keterampilan proses sains dalam pembelajaran menjadi strategi penting untuk meningkatkan kualitas pemahaman dan kompetensi sains peserta didik.

Realitanya di salah satu SMA di Yogyakarta dengan keterbatasan fasilitas laboratorium yang tidak memadai untuk materi gelombang, LKPD yang digunakan oleh guru belum memanfaatkan simulasi *PhET* sebagai sumber belajar. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pemahaman guru mengenai cara penggunaan simulasi *PhET*, yang seharusnya bisa menjadi alternatif efektif untuk menggantikan percobaan langsung yang tidak dapat dilakukan akibat keterbatasan fasilitas. Berdasar permasalahan yang telah dipaparkan diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Pengembangan LKPD Berbasis Simulasi *PhET* pada Materi Gelombang

Berjalan dan Stasioner untuk Memfasilitasi Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Kelas XI SMA/MA”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan sebelumnya, beberapa permasalahan yang ditemukan yaitu:

1. Hasil analisis menunjukkan hanya 39,3% peserta didik yang mampu memahami pengertian gelombang secara menyeluruh, sementara sebagian besar lainnya masih mengalami kesulitan mendalam pada konsep dasar.
2. Keterampilan proses sains siswa tidak berkembang optimal karena keterbatasan fasilitas laboratorium, sehingga banyak materi, termasuk gelombang berjalan dan stasioner, hanya diajarkan melalui demonstrasi guru atau LKPD sederhana.
3. LKPD yang digunakan di sekolah belum dirancang untuk melatih keterampilan proses sains, melainkan lebih menekankan pada ringkasan materi dan soal latihan.
4. Peserta didik cenderung menghafal rumus gelombang tanpa memahami konsep dan interpretasi fisisnya, sehingga mengalami kesulitan mengaitkan antara teori, persamaan matematis, dan fenomena nyata.
5. Media berbasis teknologi yang dapat memvisualisasikan konsep abstrak, seperti simulasi *PhET*, belum dimanfaatkan secara optimal oleh guru dan siswa dalam pembelajaran gelombang.
6. Belum tersedia LKPD berbasis simulasi *PhET* yang secara khusus dikembangkan untuk memfasilitasi keterampilan proses sains pada materi gelombang berjalan dan stasioner di SMA/MA.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).
2. LKPD yang dikembangkan berbasis simulasi *PhET* sebagai laboratorium virtual, sehingga media lain di luar *PhET* tidak menjadi cakupan penelitian.

3. Materi fisika yang dikaji dibatasi pada gelombang berjalan dan gelombang stasioner di kelas XI SMA/MA.
4. Penelitian ini difokuskan untuk memfasilitasi keterampilan proses sains (KPS) peserta didik, yang meliputi keterampilan mengamati, merumuskan hipotesis, melakukan percobaan/simulasi, menganalisis data, dan menarik kesimpulan.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana hasil pengembangan lembar kerja peserta (LKPD) berbasis simulasi *PhET* pada materi gelombang berjalan dan stasioner untuk memfasilitasi keterampilan proses sains peserta didik kelas XI SMA/MA?
2. Bagaimana kualitas lembar kerja peserta (LKPD) berbasis simulasi *PhET* pada materi gelombang berjalan dan stasioner untuk memfasilitasi keterampilan proses sains peserta didik kelas XI SMA/MA berdasarkan hasil penilaian ahli?
3. Bagaimana respon peserta didik lembar kerja peserta (LKPD) berbasis simulasi *PhET* pada materi gelombang berjalan dan stasioner untuk memfasilitasi keterampilan proses sains peserta didik kelas XI SMA/MA?
4. Bagaimana keterlaksanaan lembar kerja peserta (LKPD) berbasis simulasi *PhET* pada materi gelombang berjalan dan stasioner untuk memfasilitasi keterampilan proses sains peserta didik kelas XI SMA/MA?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan lembar kerja peserta (LKPD) berbasis simulasi *PhET* pada materi gelombang berjalan dan stasioner untuk memfasilitasi keterampilan proses sains peserta didik SMA/MA.
2. Mengetahui kualitas lembar kerja peserta (LKPD) berbasis simulasi *PhET* pada materi gelombang berjalan dan stasioner untuk memfasilitasi keterampilan proses sains peserta didik SMA/MA.

3. Mengetahui respon peserta didik pada bahan ajar lembar kerja peserta (LKPD) berbasis simulasi *PhET* pada materi gelombang berjalan dan stasioner untuk memfasilitasi keterampilan proses sains peserta didik SMA/MA.
4. Menguji keterlaksanaan lembar kerja peserta (LKPD) berbasis simulasi *PhET* pada materi gelombang berjalan dan stasioner untuk memfasilitasi keterampilan proses sains peserta didik SMA/MA.

F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Produk yang dihasilkan pada penelitian ini adalah LKPD dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Produk yang dikembangkan yaitu LKPD pada materi gelombang berjalan dan gelombang stasioner untuk kelas IX SMA/MA.
2. Isi dari LKPD ini berupa ringkasan materi serta kegiatan eksperimen.
3. Hasil akhir dari pengembangan ini berupa bahan ajar cetak dengan ukuran A4.
4. LKPD yang dikembangkan terdiri atas halaman judul/*cover*, kata pengantar, daftar isi, petunjuk penggunaan LKPD, ringkasan materi, konten eksperimen (hipotesis, langkah-langkah percobaan, tabel hasil percobaan, dan kesimpulan), glosarium, dan daftar pustaka.

G. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk semua pihak yaitu:

1. Bagi peneliti, dapat menambah wawasan serta pengalaman dalam membuat LKPD guna memfasilitasi keterampilan sains peserta didik secara baik dan benar.
2. Bagi pendidik, sebagai bahan ajar alternatif dalam kegiatan pembelajaran pada materi gelombang.
3. Bagi peserta didik, dapat memudahkan pelaksanaan kegiatan laboratorium dan mengetahui prosedur eksperimen secara sistematis.

H. Batasan Pengembangan

Penelitian ini adalah penelitian *Research and Develop* (R&D) dengan menggunakan model 4D. Model ini terdapat 4 tahapan, yaitu: *Define* (Pendefinisan), *Design* (Perencanaan), *Develop* (Pengembangan) dan *disseminate* (penyebaran). Penelitian ini hanya bertujuan untuk mengetahui kualitas produk dan respon peserta didik terhadap LKPD yang dikembangkan maka penelitian yang dilakukan dibatasi hingga pada tahapan ke tiga yaitu *Develop* (pengembangan) yaitu tahapan dimana peneliti melakukan uji coba luas. Uji coba yang dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui kualitas dan keterlaksanaan dari produk yang telah buat.

I. Definisi Istilah

Agar menghindari kemungkinan terjadinya kesalahanpahaman, peneliti memberikan penjelasan mengenai beberapa istilah yang digunakan dalam penulisan proposal ini. Penjelasan mengenai istilah-istilah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

Lembar kerja peserta didik atau LKPD adalah salah satu bahan ajar cetak. Isi dari LKPD berupa lembaran yang berisi tugas, petunjuk, serta cara penyelesaiannya pada materi tertentu.

2. *PhET simulation*

PhET simulation adalah sebuah aplikasi yang berisikan simulasi dan eksperimen yang menunjang dalam menerangkan sebuah konsep dalam pembelajaran.

3. Keterampilan Proses Sains

Keterampilan proses sains adalah sebuah keterampilan yang mengarahkan pada kemampuan kognitif dan psikomotor dalam melakukan penyelidikan ilmiah. Keterampilan ini mencakup keterampilan mengamati, mengelompokkan, menafsirkan, memprediksi, mengajukan pertanyaan, merumuskan hipotesis, merencanakan percobaan, melakukan percobaan, menerapkan konsep serta berkomunikasi (Mahmudah dkk., 2019).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Penelitian ini menghasilkan bahan ajar berupa LKPD berbasis virtual *PhET* yang memanfaatkan simulasi *Wave on a String* pada dua kegiatan inti untuk memfasilitasi keterampilan proses sains peserta didik (mengamati, berhipotesis, melakukan percobaan virtual, menafsirkan data, dan menyimpulkan secara sistematis) pada materi gelombang berjalan dan stasioner. LKPD ini dilengkapi dengan QR Code agar peserta didik langsung terhubung ke simulasi yang digunakan, serta panduan langkah-langkah praktikum berbasis visual. Selain itu, disediakan kolom analisis dan tabel hasil percobaan sehingga peserta didik dapat menuliskan data dan temuan secara runtuh.
2. Kualitas dari LKPD berbasis simulasi *PhET* ini didasarkan pada penilaian dari ahli materi, ahli grafika, serta guru fisika SMA. Berdasarkan hasil penilaian, LKPD ini memperoleh kriteria "sangat baik" dari ketiga penilai, dengan skor rata-rata 3,6 oleh ahli materi, 3,7 oleh ahli grafika, dan 3,6 oleh guru fisika.
3. Adapun respon peserta didik terhadap LKPD yang dikembangkan pada uji coba terbatas memperoleh nilai rata-rata 0,87 dengan kriteria "setuju". Sedangkan pada uji coba luas, respon peserta didik sedikit meningkat dengan nilai rata-rata 0,88, juga dengan kriteria "setuju". Hal ini menunjukkan bahwa secara umum peserta didik memberikan tanggapan positif terhadap LKPD yang digunakan dalam pembelajaran.
4. Hasil keterlaksanaan LKPD memperoleh nilai rata-rata 3,2 yang termasuk dalam kategori "Baik". Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa keterlaksanaan LKPD ini telah tercapai dengan kategori baik.

B. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini hanya sampai pada tahap pengembangan dan uji keterlaksanaan LKPD berbasis simulasi *PhET* pada materi gelombang berjalan dan stasioner. Penelitian belum mengukur secara menyeluruh efektivitas penggunaan LKPD terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik. Selain itu, materi yang dikembangkan dalam LKPD ini hanya berfokus pada gelombang transversal dan gelombang stasioner, sehingga belum mencakup materi gelombang lainnya yang juga penting dalam pembelajaran fisika.

C. Saran Pemanfaatan dan Pengembangan Lebih Lanjut

1. Saran Pemanfaatan LKPD

LKPD berbasis *PhET* ini direkomendasikan sebagai bahan ajar pendukung pembelajaran fisika pada materi gelombang berjalan dan gelombang stasioner. Pemanfaatan LKPD ini sebaiknya dilakukan dengan pendampingan guru, sehingga peserta didik dapat segera memperoleh arahan ketika menghadapi kesulitan atau memiliki pertanyaan. LKPD dapat digunakan baik secara individu maupun kelompok, sehingga apabila terdapat keterbatasan perangkat seperti *smartphone*, peserta didik tetap dapat berpartisipasi secara optimal melalui kerja sama dalam kelompok.

2. Saran Pengembangan Lebih Lanjut

Pengembangan LKPD ini di masa mendatang dapat diarahkan pada perluasan cakupan materi, tidak hanya terbatas pada gelombang transversal dan gelombang stasioner, tetapi juga mencakup jenis gelombang lainnya yang relevan dalam pembelajaran fisika.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, Y. (2019). Pengaruh Keterampilan Proses Sains dalam Pembelajaran Fisika pada Matakuliah Termodinamika. *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*, 4(3), 282. <https://doi.org/10.28926/briliant.v4i3.338>
- Anggraini, L. A., & Nurita, T. (2017). *Keefektifan Lkpd Berbasis Proses Sains Untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains*. 06.
- Annisa Damayanti, Rizki Hadiwijaya Z, & Winarti Dwi Febriani. (2024). Optimalisasi Penggunaan LKPD Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Komunikasi Jenis Visual. *Dewantara : Jurnal Pendidikan Sosial Humaniora*, 3(1), 100–101. <https://doi.org/10.30640/dewantara.v3i1.2091>
- Azzahra, S., Resti, V. D. A., & Kurniasih, S. (2025). *Pengaruh Metode Praktikum Terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa Kelas Viii Pada Materi Getaran Dan Gelombang*.
- Chairunisa, T. (2024). *Efektivitas Penggunaan Media Pembelajaran PhET dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Pembelajaran Fisika*.
- Chen, D., Fitriani, R., Maryani, S., Rini, E. F. S., Putri, W. A., & Ramadhanti, A. (2021). Deskripsi Keterampilan Proses Sains Dasar Siswa Kelas VIII Pada Materi Cermin Cekung. *PENDIPA Journal of Science Education*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.33369/pendipa.5.1.50-55>
- Damanik, A. (2022). *Pendidikan Sebagai Pembentukan Watak Bangsa: Sebuah Refleksi Konseptual-Kritis Dari Sudut Pandang Fisika*. Sanata Dharma University Press.
- Dermawati, N., Suprata, S., & Muzakkir, M. (2019). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Lingkungan. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 7(1), Article 1. <https://doi.org/10.24252/jpf.v7i1.3143>
- Destrianto, M. R. (2023). Implementasi Desain Grafis di Perpustakaan INSTIPER Yogyakarta. *Media Pustakawan*, 30(2), 121–131. <https://doi.org/10.37014/medpus.v30i2.4059>
- Eliansi, D., Hamdani, D., & Medriati, R. (2023). Pengembangan LKPD Berbasis Stem Berbantuan Simulasi PhET Untuk Menumbuhkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Listrik Dinamis. *Amplitudo : Jurnal Ilmu dan Pembelajaran Fisika*, 3(1), 35–42. <https://doi.org/10.33369/ajipf.3.1.35-42>

- Garay Abad, L., & Hattie, J. (2025). The impact of teaching materials on instructional design and teacher development. *Frontiers in Education*, 10. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1577721>
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). *Fundamentals of Physics Extended, 10th Edition*. Wiley.
- Hasnawiyah, H., & Maslena, M. (2024). Dampak Penggunaan Media Pembelajaran Interaktif Terhadap Prestasi Belajar Sains Siswa. *Jurnal Review Pendidikan Dasar : Jurnal Kajian Pendidikan dan Hasil Penelitian*, 10(2), 167–172. <https://doi.org/10.26740/jrpd.v10n2.p167-172>
- Imran, Y. A., Agustini, R., & Taufikurohmah, T. (2020). Development Of Science Teaching Materials Based Guided Discovery For Training Science Process Skills. *JPPS (Jurnal Penelitian Pendidikan Sains)*, 9(2), 1825–1832. <https://doi.org/10.26740/jpps.v9n2.p1825-1832>
- Kanginan, M. (2017). *FISIKA 2: Untuk SMA/MA Kelas XI*. Erlangga.
- Kiswanto, H. (2022). *Fisika Lingkungan: Memahami Alam Dengan Fisika*. Syiah Kuala University Press.
- Kumala, F. N., & Hartatik, H. (2017). Pembelajaran Inkuiiri Berbantuan Media Virtual Laboratory Simulation: Keterampilan Berpikir. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 1(3), Article 3. <https://doi.org/10.23887/jisd.v1i3.11878>
- Kurniasari, N., Kusdiwelirawan, A., & Hartini, T. I. (2019). Menganalisis kebijakan profesional pendidik mata pelajaran fisika pada Sekolah Muhammadiyah Jakarta. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 1(1), Article 1.
- Liana, L., Kosim, K., Taufik, M., & Hikmawati, H. (2023). The Effect of Problem-Based Learning Model Assisted by PhET Simulations on Students' Physics Problem-Solving Abilities. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 9(2), 262–267. <https://doi.org/10.29303/jpft.v9i2.5285>
- Mahmudah, I. R., Makiyah, Y. S., & Sulistyaningsih, A. D. (2019). *Profil Keterampilan Proses Sains (KPS) Siswa SMA di Kota Bandung*.
- Mahombar, A. (2024). *Analisis Pemahaman Konsep Dan Kendala Pemahaman Konsep Materi Getaran Dan Gelombang*. 6(2).
- Masita, S. I., Donuata, P. B., Ete, A. A., & Rusdin, M. E. (2020). Penggunaan PhET Simulation Dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 5(2), 136. <https://doi.org/10.36709/jipfi.v5i2.12900>
- Maulansyah, R. D., Febrianty, D., & Asbari, M. (2023). *Peran Guru dalam Peningkatan Mutu Pendidikan: Penting dan Genting!* 02(05).

- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Nieveen, N. (1999). Prototyping to reach product quality. Dalam J. van den Akker, R. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen, & T. Plomp (Ed.), *Design approaches and tools in education and training* (hlm. 125–136). Kluwer Academic Publishers.
- no, Aulia Ma’adani, A., Sodri Nur Muhsin, & Putranta. (2025). Pengembangan Media Ular Tangga Edukasi Islami Pada Materi Haji dan Umrah. *Rabbani: Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 6(1), 1–19. <https://doi.org/10.19105/rjpai.v6i1.14466>
- Noor, R. (2017). Penyusunan Lembar Kerja Peserta Didik (Lkpd) Biologi Sma Melalui Inventarisasi Tumbuhan Yang Berpotensi Atau Sebagai Pewarna Alami Di Kota Metro. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.24127/bioedukasi.v5i2.788>
- Prastowo; A. (2011). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif* (Yogyakarta). Diva Press.
- Puspaningrum, D. A. (2022). *PENGEMBANGAN LKPD BERBANTUAN PhET UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS DAN PENGUASAAN KONSEP FISIKA*. 09.
- Rahmadita, N., Mubarok, H., & Prahani, B. K. (2021). Profile of Problem-based Learning (PBL) Model Assisted by *PhET* to Improve Critical Thinking Skills of High School Students in Dynamic Electrical Materials. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(4), 617–624. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i4.799>
- Rustaman, N. Y. (2003). *Strategi Belajar Mengajar Biologi*. Bandung JICA.
- Sadiman, A. (2021). *Media Pendidikan: Pengertian, Pengembangan, dan Pemanfaatannya*. Rajawali Press.
- Sholikhah, Z., & Sucayyo, I. (2021). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbantuan Simulasi *PhET*Pada Materi Fluida Dinamis. *PENDIPA Journal of Science Education*, 5(3), 372–378. <https://doi.org/10.33369/pendipa.5.3.372-378>
- Sudjana, N. (2004). *Dasar-dasar proses belajar mengajar*. Bandung : Sinar Baru Algensindo.
- Sugiyono; (2013). *E-Book Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan RD* (Bandung). Alfabeta.
- Surya, Y. (2009). *Getaran dan Gelombang*. Kandel.

- Trianto. (2010a). *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-progresif: Konsep, Landasan, Dan Implementasinya Pada Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP)*. Kencana Prenada Media.
- Trianto, A. (2010b). *Mendesain model pembelajaran inovatif-progresif: Konsep, landasan, dan implementasinya pada kurikulum tingkat satuan pendidikan (KTSP)*. Universitas Indonesia Library; Kencana Prenada Media. <https://lib.ui.ac.id>
- Utami, L., & Adilla, R. (2022). Analisis Keterampilan Proses Sains Siswa Menggunakan Virtual Laboratory Physics Education Technology (*PhET*) Pada Materi Indikator Asam Basa. *Journal of Research and Education Chemistry*, 4(1), 50. [https://doi.org/10.25299/jrec.2022.vol4\(1\).9348](https://doi.org/10.25299/jrec.2022.vol4(1).9348)
- Vannilia, V., Fanani, A., & Rosidah, C. T. (2023). Model Inquiry learning Berbantuan Media *PhET* Sebagai Virtual Laboratory Terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa SD. *Progressive of Cognitive and Ability*, 2(4), Article 4. <https://doi.org/10.56855/jpr.v1i4.666>
- Widoyoko, E. P. (2012). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Pustaka Pelajar. <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/pustaka/15959/teknik-penyusunan-instrumen-penelitian.html>
- Winarti, W., & Saputri, A. A. (2013). Pengembangan Modul Fisika Berbasis Metakognisi Pada Materi Pokok Elastisitas Dan Gerak Harmonik Sederhana. *Jurnal Psikologi Integratif*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.14421/jpsi.2013.%x>
- Wiratman, A., Ajiegoena, A. M., & Widianti, N. (2023). Pembelajaran Berbasis Keterampilan Proses Sains: Bagaimana Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar? *Pendas : Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.23969/jp.v8i1.7274>
- Yulia, I., Connie, C., & Risdianto, E. (2018). Pengembangan LKPD Berbasis Inquiry Berbantuan Simulasi *PhET* untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Gelombang Cahaya di Kelas XI MIPA SMAN 2 Kota Bengkulu. *Jurnal Kumparan Fisika*, 1(3), 64–70. <https://doi.org/10.33369/jkf.1.3.64-70>
- Yunitasari, Y. (2013). *Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) IPA Terpadu Berpendekatan SETS dengan Tema Pemanasan Global untuk Siswa SMP*. FMIPA UNNES.