

**PENGEMBANGAN LKPD BERBANTUAN APLIKASI *PHYPHOX*
DALAM MODEL *INQUIRY LEARNING* UNTUK MENSTIMULUS
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK PADA
MATERI GERAK MENGGELINDING**

(Skripsi)

**Oleh
DESTI DWI ANGGAYANI
NPM 2113022057**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2026**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN LKPD BERBANTUAN APLIKASI *PHYPHOX* DALAM MODEL INQUIRY LEARNING UNTUK MENSTIMULUS KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK PADA MATERI GERAK MENGGELINDING

Oleh

DESTI DWI ANGGAYANI

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan LKPD berbantuan aplikasi *phyphox* dalam model Inquiry Based Learning yang valid, praktis, dan efektif untuk menstimulus kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi gerak menggelinding. Jenis penelitian pengembangan ini adalah Design and Development Research (DDR) dengan menggunakan penilaian terhadap uji validitas, uji kepraktisan, dan uji keefektifan. Pada hasil uji validitas untuk uji media dan desain didapatkan skor sebesar 3,51 dengan kategori sangat valid, dan untuk uji validasi pada materi dan konstruk diperoleh skor sebesar 3,54 dengan kategori sangat valid. Hasil uji kepraktisan diperoleh skor rata-rata sebesar untuk uji keterbacaan sebesar 82% dengan kategori sangat terbaca, uji respon peserta didik sebesar 85% dengan kategori sangat praktis dan uji persepsi guru sebesar 93% dengan kategori sangat baik. Sehingga rerata skor uji kepraktisan tersebut sebesar 86% dengan kategori sangat praktis. Sedangkan untuk uji keefektifan dapat dilihat pada hasil uji *n-gain* dan *paired sample t-test*, berdasarkan hasil uji *n-gain* diperoleh skor sebesar 0,55 dengan kategori sedang. Hal ini menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik terlatih. Selain itu juga berdasarkan hasil uji *paired sample t-test* diperoleh nilai signifikansinya sebesar 0.000 yang artinya terdapat peningkatan yang signifikan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan LKPD berbasis inkuiri. Sehingga dapat diartikan bahwa LKPD berbantuan *Phyphox* dalam model pembelajaran inkuiri efektif untuk menstimulus keterampilan berpikir kritis pada materi gerak menggelinding.

Kata kunci : Pengembangan, LKPD, Keterampilan Berpikir Kritis, Inkuiri, *Phyphox*

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF LKPD ASSISTED BY THE *PHYPHOX* APPLICATION IN THE INQUIRY LEARNING MODEL TO STIMULATE STUDENTS' CRITICAL THINKING SKILLS IN THE SUBJECT OF ROLLING MOTION

By

DESTI DWI ANGGAYANI

This study aims to produce a student worksheet assisted by the Phyphox application in an Inquiry-Based Learning model that is valid, practical, and effective in stimulating students' critical thinking skills in the subject of rolling motion. This development research is a Design and Development Research (DDR) using assessments of validity, practicality, and effectiveness. The validity test results for the media and design obtained a score of 3.51 in the highly valid category, and the validity test for the material and construct obtained a score of 3.54 in the highly valid category. The practicality test results obtained an average score of 82% for readability with a category of highly readable, 85% for student response with a category of highly practical, and 93% for teacher perception with a category of very good. Thus, the average practicality test score was 86% with a category of highly practical. Meanwhile, the effectiveness test can be seen in the results of the n-gain test and paired sample t-test. Based on the n-gain test results, a score of 0.55 was obtained, which is categorized as moderate. This shows that the students' critical thinking skills have been trained. In addition, based on the results of the paired sample t-test, a significance value of 0.000 was obtained, which means that there was a significant increase in students' critical thinking skills after using inquiry-based worksheets. Thus, it can be interpreted that Phyphox-assisted worksheets in the inquiry learning model are effective in stimulating critical thinking skills in rolling motion material.

Keywords: *Development, LKPD, Critical Thinking Skills, Inquiry, Phyphox*

**PENGEMBANGAN LKPD BERBANTUAN APLIKASI *PHYPHOX*
DALAM MODEL INQUIRY LEARNING UNTUK MENSTIMULUS
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK PADA MATERI
GERAK MENGGELINDING**

**Oleh
DESTI DWI ANGGAYANI**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PENDIDIKAN**

Pada

**Program Studi Pendidikan Fisika
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

Judul : PENGEMBANGAN LKPD BERBANTUAN
APLIKASI *PHYPHOX* DALAM MODEL
INQUIRY LEARNING UNTUK MENSTIMULUS
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PESERTA
DIDIK PADA MATERI GERAK
MENGSELINDING

Nama Mahasiswa : **Desti Dwi Anggayani**

No. Pokok Mahasiswa : 2113022057

Program Studi : Pendidikan Fisika

Jurusan : Pendidikan MIPA

Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.
NIP. 19600821 198503 1 004

Dr. Fatkhur Rohman, M.Pd.
NIP. 199110716 202421 1 011

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

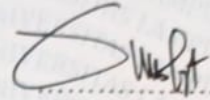
Dr. Nurhanurawati, M.Pd.
NIP. 19670808 199103 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.



Sekretaris

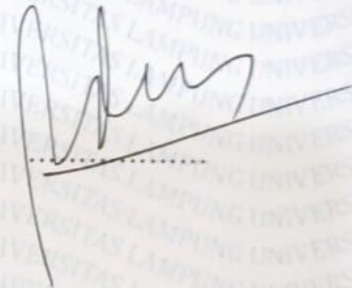
: Dr. Fatkhur Rohman. M.Pd.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.



2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd.

NIP. 19870504 201404 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 31 Maret 2026

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini adalah:

Nama : Desti Dwi Anggayani
NPM : 2113022057
Fakultas/Jurusan : KIP/Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Fisika
Alamat : Dusun Padang Cernin, RT 003 RW 002, Desa
Sukamernah, Kecamatan Gunung Alip, Kabupaten
Tanggamus, Provinsi Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Bandar Lampung, 31 Maret 2026



Desti Dwi Anggayani
Desti Dwi Anggayani

2113022057

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sukamernah pada tanggal 01 Desember 2002. Penulis adalah putri dari pasangan Bapak Safaat dan Ibu Salma Puri dan merupakan anak ke-2 dari 2 bersaudara. Penulis mengawali pendidikan formal pada tahun 2008 di PAUD Melati. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan pada tahun 2009 di SDN 1 Sukamernah. Pada tahun 2015, penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Talang Padang. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Talang Padang dan lulus pada tahun 2021. Pada tahun yang sama, penulis diterima dan terdaftar sebagai Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika di Universitas Lampung melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis merupakan mahasiswa aktif di kegiatan berorganisasi dan kampus mengajar. Penulis tergabung sebagai anggota Divisi Kreativitas Mahasiswa (2022) dan Divisi Pendidikan (2021 dan 2023) di Aliansi Mahasiswa Pendidikan Fisika (Almafika) dan anggota divisi Kreativitas Mahasiswa di Himpunan Mahasiswa Pendidikan Eksakta (Himasakta). Selain itu, penulis juga mengikuti program kegiatan kampus mengajar angkatan 7 pada tahun 2024 di SMPN 2 Talang Padang dari bulan Februari sampai Juni 2024. Penulis juga melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tengkujuh, Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan. Kegiatan tersebut bersamaan dengan pelaksanaan Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) 1 dan 2 yang dilaksanakan di MTs Al-Khairiyah Way Lahu.

MOTTO

"Sukses bukanlah kunci kebahagiaan. Kebahagiaan adalah kunci kesuksesan.

Jika kamu mencintai apa yang kamu kerjakan, kamu akan sukses."

(Albert Schweitzer)

"Jangan pernah menyerah pada mimpimu. Ikuti mereka dan tahu bahwa kamu

bisa mencapainya."

(Sachin Tendulkar)

"Jangan takut untuk bermimpi besar. Dengan mimpi, kamu bisa menciptakan

masa depan yang lebih baik."

(Do Kyungsoo)

"Meskipun jalannya sangat panjang dan penuh rintangan, serta kamu mungkin

merasa ada banyak hal sulit yang terjadi, tapi tolong teruskan dan lakukan apa

yang kamu inginkan."

(Jeon Wonwoo)

"Don't stop trying until you're proud of what you've achieved."

(Desti Dwi Anggayani)

PERSEMBAHAN

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT yang selalu melimpahkan nikmat dan hidayahnya, dan semoga shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi kita Muhammad SAW, penulis mempersembahkan karya sederhana ini sebagai tanda baktinan tulus yang mendalam kepada:

1. Orangtua tersayang, Bapak Safaat dan Ibu Salma Puri yang telah percaya atas semua keputusan yang telah penulis ambil untuk melanjutkan mimpinya, serta cinta, doa, support dan motivasi yang selalu membuat penulis percaya bahwa penulis mampu menyelesaikan skripsi ini hingga akhir. Semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan dan keberkahan untuk ayah dan ibu sampai penulis bisa sukses dan membahagiakan kalian;
2. Kakak penulis, Leni Apriyani yang selalu memberikan doa dan dukungan pada penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi ini sampai akhir;
3. Keluarga besar tersayang yang senantiasa mendoakan memberikan dukungan, motivasi dan semangat;
4. Sahabat seperjuangan Amanda Ramadhona, Nabila Febrina Yunaedi, Puspita Tri Wijaya, Rini Antika, Salsabilla, Shofi Al-Mutaqqof dan Ulfa Epriga Mahyu. Terima kasih karena senantiasa menemani penulis dalam keadaan sulit maupun senang, memberikan dukungan serta motivasi, dan memberikan doa setiap langkah yang penulis lalui sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan lancar.;
5. Almameter tercinta Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayahnya skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis mengucapkan terima kasih sebagai bentuk rasa hormat kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia, D.E.A., I.P.M selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung;
3. Dr. Nurhanurawati, M.Pd. selaku ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
4. Dr. Viyanti, M.Pd. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika;
5. Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si. selaku dosen pembimbing I sekaligus Pembimbing Akademik atas kesediaan, kesabaran dan keikhlasannya dalam memberikan ide, saran, semangat, bimbingan serta motivasi selama penyusunan skripsi;
6. Dr. Fakhtur Rohman, M.Pd. selaku dosen pembimbing II atas kesediaan, kesabaran dan keikhlasannya memberikan ide, saran, semangat, bimbingan serta motivasi selama penyusunan skripsi;
7. Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si. selaku dosen pembahas sekaligus validator produk peneliti atas kesediaannya memberikan bimbingan, saran, motivasi dan kritik kepada penulis dalam penyusunan skripsi;
8. Ibu Hanifah Zakiya, M.Pd.dan Ibu Heriyani, S.Pd., selaku validator produk yang dikembangkan oleh peneliti;
9. Bapak dan Ibu Dosen serta staf program studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung;
10. Bapak Sudirman, S.Pd., selaku Kepala Sekolah SMAN 1 Talang Padang yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian di SMAN 1 Talang Padang;

11. Ibu Ria Herpiana, S.Pd. selaku Guru Fisika SMAN 1 Talang Padang yang telah membantu penulis untuk melaksanakan penelitian di SMAN 1 Talang Padang;
12. Ibu Suripah, S.Pd. dan Ibu Melisa Asniati selaku Guru Fisika SMAN 1 Kalianda dan SMAN 1 Talang Padang yang telah membantu penulis sebagai guru responder untuk produk yang dikembangkan oleh peneliti;
13. Peserta didik kelas XI B SMAN 1 Talang Padang atas bantuan dan kerjasamanya selama penelitian berlangsung;
14. Teman-teman seperjuangan LUP (Pendidikan Fisika 2021) yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu;
15. Rekan-rekan Copasus Angkatan 2021, yaitu Fani Rasma Sari, Mita Ardila, Ni Komang Satyawati, Putri Anzani dan Vera Yunita yang telah berjuang bersama-sama melewati proses ini;
16. Teman-teman KKN Desa Tengkujuh yaitu, Arina Manasikana, Balqis Anakia Vanesa, Dwi Oktaviyani, Elsyia Salsabilla Dasaad, Gina Ghania Daravati, Jihan Dhiya Tsuraya, Revie Salsabilla, Riyan Saputra dan Subhan Al-Qodri, terimakasih untuk 40 hari yang berkesan;
17. Kepada semua pihak yang terlibat dalam membantu penyelesaian penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah melimpahkan nikmat dan hidayah-Nya kepada kita semua dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Bandar Lampung, 31 Maret 2026
Penulis,

Desti Dwi Anggayani

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	6
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Manfaat Penelitian	7
1.5. Ruang Lingkup Penelitian.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Kajian Teori	9
2.1.1. Teori Konstruktivis Sosial	9
2.1.2. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)	11
2.1.3. <i>Phyphox</i>	13
2.1.4. <i>Inquiry Based Learning</i>	16
2.1.5. Kemampuan Berpikir Kritis	20
2.1.6. Gerak Menggelinding	22
2.2. Penelitian yang Relevan.....	26
2.3. Kerangka Pemikiran.....	30
III. METODE PENELITIAN	33
3.1. Desain Pengembangan	33
3.2. Prosedur Penelitian Pengembangan	33
3.2.1. Tahap <i>Analysis</i> (Analisis).....	33
3.2.2. Tahap <i>Design</i> (Desain)	34
3.2.3. Tahap <i>Development</i> (Pengembangan).....	35
3.2.4. Tahap <i>Evaluation</i> (Evaluasi)	36
3.3. Instrumen Penelitian	38
3.3.1. Angket Analisis Kebutuhan.....	38
3.3.2. Angket Uji Validitas.....	38

3.3.3. Angket Uji Kepraktisan	39
3.3.4. Angket Respon Peserta Didik	39
3.3.5. Angket Uji Persepsi Guru	40
3.3.6. Soal <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	40
3.4. Teknik Pengumpulan Data	41
3.5. Teknik Analisis Data	43
3.5.1. Analisis Data Uji Validitas	43
3.5.2. Analisis Data Uji Kepraktisan	44
3.5.3. Uji Respon Peserta Didik	44
3.5.4. Uji Persepsi Guru Terkait Penggunaan LKPD	45
3.5.5. Analisis Instrumen Tes	45
3.5.6. Analisis Data Uji Keefektifan	47
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1. Hasil	49
4.1.1. Produk	49
4.1.2. Hasil Uji Validitas	52
4.1.3. Hasil Uji Kepraktisan	53
4.1.4. Hasil Uji Validitas Instrumen (<i>Pretest-Posttest</i>)	57
4.1.5. Hasil Uji Keefektifan	59
4.2. Pembahasan	66
4.2.1. Kevalidan LKPD	66
4.2.2. Kepraktisan LKPD	68
4.2.3. Keefektifan LKPD	70
V. KESIMPULAN DAN SARAN	109
5.1. Kesimpulan	109
5.2. Saran	110
DAFTAR PUSTAKA	111
LAMPIRAN	120

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Menu <i>Phyphox</i>	16
2. Aktivitas Pembelajaran Inkuiri	19
3. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis.....	21
4. Penelitian yang Relevan.....	26
5. <i>Storyboard</i> LKPD	34
6. Skala <i>Likert</i> pada Angket Uji Validitas	39
7. Skala <i>Likert</i> pada Angket Uji Keterbacaan.....	39
8. Kegiatan Pengumpulan Data.....	41
9. Konversi Skor Penilaian Validitas Produk.....	43
10. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan	44
11. Interpretasi Koefisien Korelasi	46
12. Kriteria Reliabilitas Instrumen.....	46
13. Kriteria Interpretasi <i>N-gain</i>	48
14. Hasil Rata-rata Skor Uji Validitas Ahli	53
15. Rangkuman Masukan Penilaian Ahli Materi dan Desain	53
16. Rangkuman Hasil Penilaian Uji Keterbacaan LKPD.....	54
17. Hasil Uji Validitas Instrumen Tes.....	58
18. Hasil Uji Reliabilitas Instrumen Tes.....	59
19. Hasil Uji Analisis Penilaian Pengerjaan LKPD	61
20. Data Kuantitatif Hasil Penelitian	62
21. Hasil Uji Normalitas	62
22. Hasil Uji <i>N-gain</i> Berdasarkan Nilai <i>Pretest-Posttest</i>	63
23. Hasil <i>N-gain</i> Berdasarkan Indikator	64
24. Hasil Uji Homogenitas.....	64
25. Hasil Uji <i>Paired Sample t-Test</i>	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Posisi Benda yang Menggelinding.....	25
2. Analisis Pergerakan Benda yang Menggelinding	26
3. Bagan Kerangka Pemikiran	32
4. Diagram Alur Pengembangan.....	37
5. Tampilan LKPD Gerak Menggelinding.....	50
6. Hasil Uji Respon Peserta Didik	55
7. Hasil Uji Respon Persepsi Guru.....	56
8. Diagram Hasil Pengerjaan LKPD	70
9. Kegiatan Mengamati Fenomena Sehari-Hari.....	71
10. Kegiatan Membuat Prediksi.....	74
11. Kegiatan Merumuskan Masalah.....	76
12. Kegiatan Membuat Dugaan Sementara.....	78
13. Kegiatan Menentukan Variabel	81
14. Kegiatan Melakukan Investigasi.....	81
15. Kegiatan Menyajikan Data Percobaan.....	86
16. Kegiatan Menganalisis Data Percobaan.....	89
17. Kegiatan Menganalisis Data Percobaan.....	90
18. Kegiatan Menganalisis Data Percobaan.....	91
19. Kegiatan Menyimpulkan Hasil Percobaan.....	95
20. Kegiatan Mempresentasikan Hasil Penyelidikan.....	98
21. Kegiatan Merefleksikan Diri.....	99
22. Diagram Rata-rata Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	102
23. Diagram <i>N-gain</i> tiap Indikator Keterampilan Berpikir Kritis.....	103

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Angket Uji Validasi Produk.....	121
2. Hasil Uji Validasi.....	129
3. Rekapitulasi Hasil Uji Produk.....	153
4. Angket Uji Keterbacaan.....	154
5. Rekapitulasi Hasil Uji Keterbacaan	156
6. Angket Respon Peserta Didik	158
7. Rekapitulasi Hasil Respon Peserta Didik.....	161
8. Rangkuman Hasil Penilaian Uji Respon Peserta Didik	163
9. Angket Uji Persepsi Guru	165
10. Rekapitulasi Uji Persepsi Guru	170
11. Rangkuman Hasil Penilaian Uji Persepsi Guru	171
12. Kisi-kisi Instrumen Soal <i>Pretest – Posttest</i>	172
13. Soal <i>Pretest – Posttest</i> Uji Keefektifan.....	174
14. Kunci Jawaban Soal <i>Pretest – Posttest</i>	177
15. Rubrik Soal <i>Pretest – Posttest</i>	181
16. Data Hasil Uji Validitas Instrumen.....	182
17. Hasil Uji Validitas Instrumen	183
18. Hasil Uji Reliabilitas Instrumen.....	184
19. Hasil <i>Pretest, Posttest</i> dan <i>N-gain</i> Peserta Didik.....	185
20. Hasil Rata – Rata <i>Pretest</i> Tiap Indikator	186
21. Hasil Rata – Rata <i>Posttest</i> Tiap Indikator	188
22. Hasil Uji Normalitas	190
23. Hasil Uji Homogenitas.....	190
24. Hasil Uji <i>Paired Sample T-test</i>	190
25. LKPD Berbantuan <i>Phyphox</i> Model IBL.....	192
26. Modul Ajar Gerak Menggelinding.....	209
27. Hasil Nilai Pengerjaan LKPD.....	219
28. Rubrik Penilaian Skor LKPD.....	221
29. Jawaban LKPD	223
30. Surat Izin Penelitian	229
31. Surat Balasan Penelitian	230
32. Dokumentasi Penelitian	231

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Era globalisasi abad ke 21 menuntut adanya kecakapan dalam pengetahuan dan keterampilan yang harus dimiliki dan dikuasai oleh seseorang untuk menghasilkan sumber daya manusia yang unggul dan berdaya saing, salah satunya dalam bidang pendidikan. Dunia pendidikan harus siap menghadapi perubahan dan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sehingga dapat mempersiapkan generasi penerus yang terampil untuk bersaing di dunia yang lebih maju. Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan terus memperbaiki kurikulum yang ada. Kurikulum pendidikan bersifat dinamis karena dalam pengembangannya menyesuaikan karakteristik dan kebutuhan peserta didik sesuai dengan masanya (Cholilah *et al.*, 2023).

Indonesia telah menunjukkan upayanya dalam memperbaiki mutu dan kualitas pendidikan salah satunya ditunjukkan dengan munculnya kurikulum “Merdeka Belajar” yang memiliki konsep utama yaitu merdeka dalam berpikir. Pembelajaran pada kurikulum merdeka lebih mengarah dan menekankan pada kebutuhan peserta didik (*student center*). Kurikulum merdeka belajar hadir sebagai jawaban atas ketatnya persaingan sumber daya manusia secara global di abad ke 21 (Indarta *et al.*, 2022).

Pendidikan abad 21 tidak hanya membekali guru untuk berpartisipasi dalam bersaing secara global, tetapi peserta didik juga perlu dibekali dan menguasai keterampilan abad 21 (*21st Century Skills*). Keterampilan yang perlu dikembangkan di abad 21 antara lain keterampilan *critical thinking* (berpikir kritis), *communication* (komunikasi), *creativity* (kreativitas),

collaboration (kolaborasi), dan informasi, media, dan teknologi (IMTS) (Urbani *et al.*, 2017).

Salah satu kemampuan abad ke-21 yang perlu dikembangkan oleh peserta didik pada saat ini adalah keterampilan berpikir kritis (*critical thinking skill*). Keterampilan berpikir kritis meliputi menganalisis, mengevaluasi, mencermati informasi dan membuat keputusan (Haghparast *et al.*, 2014). Selain itu, menurut Gurcay & Ferah (2018) keterampilan berpikir kritis sangat penting untuk dikembangkan dalam pembelajaran fisika karena berkaitan dengan pemecahan masalah, pembelajaran ini mencakup masalah-masalah yang memerlukan solusi, didasarkan pada pengalaman dan pengetahuan baru peserta didik dari menyelesaikan masalah tersebut.

Umumnya dalam kegiatan pembelajaran fisika, pengajar atau guru mengawali dengan pembelajaran dari teori dan model matematis yang penting dan berhubungan dengan materi yang akan dibahas kepada peserta didik, dilanjutkan dengan latihan dari buku teks dan mungkin mulai menerapkannya dalam kehidupan nyata. Aktivitas pembelajaran yang monoton dan jarang melibatkan peserta didik dalam kegiatan pembelajaran membuat motivasi peserta didik untuk mempelajari materi tersebut menjadi rendah (Prince & Felder, 2007). Selain pembelajaran yang terlalu monoton, sering terjadi juga miskomunikasi antara teori yang sudah dipelajari peserta didik dan dalam dunia nyata (Rifaldi *et al.*, 2022).

Miskonsepsi merupakan faktor yang berpengaruh pada pemahaman peserta didik untuk dapat memahami suatu konsep (Gumay, 2021). Suatu miskonsepsi dari peserta didik dapat terjadi karena peserta didik kesulitan dalam mempelajari konsep yang bersifat abstrak dan kompleks dan hanya diberikan teori dan latihan tanpa melakukan praktikum langsung dalam kegiatan pembelajaran fisika, salah satunya pada materi dinamika rotasi dengan sub materi gerak menggelinding. Penelitian yang telah dilakukan oleh Pamungkas (2021), miskonsepsi yang terjadi dalam pemahaman materi

gerak menggelinding yaitu peserta didik seringkali keliru memahami peran gaya gesek dalam gerak menggelinding. Peserta didik memiliki hipotesis bahwa gaya gesek selalu menghambat gerak, padahal gaya gesek statis merupakan gaya yang menyebabkan rotasi suatu benda. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Ambrosis *et al.* (2015) yang menjelaskan bahwa peserta didik cenderung hanya fokus pada gaya gesek statis ketika membahas gerak menggelinding.

Penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati *et al.* (2016) juga menjelaskan beberapa miskonsepsi ataupun kesulitan yang terjadi pada mahasiswa dalam materi dinamika rotasi dengan sub materi gerak melingkar. Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa masih terdapat banyak mahasiswa yang beranggapan bahwa gerak translasi dan rotasi bisa dianalisis secara terpisah, padahal pada gerak menggelinding, keduanya terjadi secara bersamaan dan saling memengaruhi. Mahasiswa juga seringkali keliru dalam memahami bagaimana percepatan linear benda yang menggelinding berhubungan dengan percepatan sudut. Dalam gerak menggelinding tanpa slip, percepatan linear di permukaan benda yang menggelinding berhubungan langsung dengan percepatan sudutnya. Mahasiswa sering kali bingung dengan konsep gerak menggelinding tanpa slip, di mana hubungan antara kecepatan linear dan sudutnya harus memenuhi. Miskonsepsi ini terjadi karena mereka tidak memahami bahwa gerak menggelinding hanya dapat terjadi jika ada kondisi gesekan yang cukup untuk mencegah slip.

Keterbatasan alat praktikum juga dapat menjadi salah satu permasalahan dalam pembelajaran fisika selain miskonsepsi. Alat praktikum yang memadai sangat penting untuk memberikan pengalaman belajar yang konkret dan interaktif, yang dapat merangsang peserta didik untuk berpikir lebih mendalam dan analitis. Fasilitas laboratorium sangat menunjang kelancaran pelaksanaan praktikum, selalu menjadi alasan klasik bahwa kegiatan praktikum tidak dilakukan karena tidak adanya laboratorium atau peralatan laboratorium tidak mencukupi (Andini, 2022).

Akibatnya, pembelajaran fisika cenderung menjadi teoretis dan kurang menarik, sehingga peserta didik kesulitan untuk menghubungkan konsep-konsep abstrak dengan aplikasi nyata. Hal ini berdampak pada rendahnya kemampuan berpikir kritis peserta didik, karena peserta didik tidak terbiasa dengan proses eksperimen yang menuntut pengamatan, analisis, dan pemecahan masalah secara langsung.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dibutuhkan sebuah penunjang pembelajaran dan model pembelajaran yang tepat sehingga dapat membantu peserta didik dalam memahami materi bukan hanya secara teori tetapi juga memahami materi secara praktiknya. Salah satu penunjang pembelajaran yang dapat membantu peserta didik dalam memahami materi yaitu bahan ajar. LKPD merupakan salah satu bahan ajar untuk membantu dan mempermudah dalam kegiatan belajar mengajar sehingga akan terbentuk interaksi yang efektif antar peserta didik (Umbaryati, 2016).

Pembaruan dalam kegiatan pembelajaran perlu dilakukan dengan memanfaatkan penggunaan teknologi, salah satunya yaitu mengembangkan bahan ajar berupa LKPD akan ditunjang dengan pemanfaatan teknologi berupa *smartphone* sehingga peserta didik akan lebih aktif mengikuti pembelajaran karena mereka bukan hanya objek pembelajaran tetapi juga subjek pembelajaran, sehingga peserta didik dapat melakukan praktikum sendiri dirumah. Salah satu aplikasi yang bisa dimanfaatkan dalam praktikum fisika berbasis *smartphone* adalah aplikasi *Phyphox*. Menggunakan aplikasi *Phyphox*, peserta didik lebih mudah mendapatkan data secara valid, karena aplikasi ini mempermudah dalam pencatatan data dalam bentuk angka maupun grafik sehingga lebih mudah untuk menganalisis dan mengambil kesimpulan (Toyyib, 2022).

Model pembelajaran inkuiri menjadi salah satu model pembelajaran yang tepat untuk memotivasi peserta didik, sehingga dapat membantu peserta didik untuk memahami materi, dimana model inkuiri membuat peserta didik

aktif dalam merumuskan masalah, mengumpulkan data/informasi, mengajukan pertanyaan, membuat hipotesis, melakukan percobaan, menganalisis hasil percobaan, dan membuat kesimpulan dengan menggunakan kemampuan berpikir kritis dan logis. Model pembelajaran inkuiri dapat melatih keterampilan berpikir kritis, karena menekankan peserta didik pada proses berpikir secara kritis dalam menganalisis sebuah permasalahan sehingga menemukan jawaban dari suatu masalah yang dipertanyakan (Heksa, 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Nora *et al.*, (2022) menyatakan bahwa e-LKPD berbasis inkuiri terbimbing dengan bantuan *Phyphox* valid, praktis untuk digunakan, dan efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik. Sejalan dengan pengembangan LKPD penelitian yang dilakukan oleh Putri *et al.*, (2022) menunjukkan bahwa e-LKPD berbasis inkuiri terbimbing dengan bantuan aplikasi *Phyphox* valid, praktis untuk digunakan, dan efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika peserta didik dalam materi efek doppler. Penelitian yang dilakukan oleh Devi *et al.*, (2022) mengembangkan e-LKPD berbasis inkuiri terbimbing dinyatakan efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada pembelajaran IPA.

Berdasarkan uraian dan hasil dari beberapa penelitian sebelumnya, belum ditemukan pengembangan LKPD maupun e-LKPD yang mencakup aktivitas praktikum dengan menggunakan materi gerak menggelinding yang menggunakan pembelajaran inkuiri yang dapat melatih keterampilan berpikir kritis pada materi gerak menggelinding. Sebagai solusi maka peneliti melakukan pengembangan produk LKPD berbasis inkuiri di dalamnya terdapat aktivitas praktikum dengan menggunakan alat praktikum untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gerak menggelinding berbantuan aplikasi *Phyphox*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana LKPD berbantuan *Phyphox* untuk menstimulus keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gerak menggelinding?
2. Bagaimana kevalidan LKPD berbantuan *Phyphox* dalam menstimulus pemahaman keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gerak menggelinding?
3. Bagaimana kepraktisan LKPD berbantuan *Phyphox* untuk menstimulus pemahaman keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gerak menggelinding?
4. Bagaimana keefektifan LKPD berbantuan *Phyphox* untuk menstimulus pemahaman keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gerak menggelinding?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, disusun tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan LKPD berbantuan aplikasi *Phyphox* yang valid, praktis dan efektif untuk menstimulus keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gerak menggelinding.
2. Mendeskripsikan validitas LKPD berbantuan aplikasi *Phyphox* dalam menstimulus keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gerak menggelinding.
3. Mendeskripsikan kepraktisan LKPD berbantuan aplikasi *Phyphox* untuk menstimulus keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gerak menggelinding.
4. Mendeskripsikan keefektifan LKPD berbantuan aplikasi *Phyphox* dalam menstimulus keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi gerak menggelinding.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan penjelasan bahwa LKPD valid, praktis dan efektif yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis bagi peserta didik SMA kelas X.

2. Manfaat Praktis

Dilihat dari segi praktis, penelitian ini memberikan manfaat antara lain:

- a. Peserta Didik

Memberikan bahan ajar penunjang pembelajaran berupa LKPD berbantuan aplikasi *Phyphox* untuk melatih keterampilan berpikir kritis pada materi gerak menggelinding.

- b. Guru

Memberikan sebuah solusi pembelajaran yang mudah digunakan bagi guru untuk dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih bermakna dan melatih keterampilan berpikir kritis.

- c. Sekolah

Memberikan pengalaman dalam proses belajar mengajar yang akan meningkatkan hasil belajar dan menjadi kemudahan untuk sekolah yang kurang dalam kebutuhan alat alat praktikum fisika.

- d. Peneliti Lain

Memberikan sebuah informasi terkait pembelajaran yang menggunakan LKPD untuk dapat meneruskan kembali penelitian dengan menggunakan variabel yang berbeda.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Produk LKPD yang dikembangkan pada materi gerak menggelinding dalam dinamika rotasi kelas XI semester ganjil kurikulum merdeka.

2. Sekolah yang digunakan dalam penelitian ini adalah SMAN 1 Talang Padang.
3. Indikator keterampilan berpikir kritis yang diadaptasi dari Facione, (2015), terdiri atas 5 indikator yaitu *analysis, interpretation, inference, evaluation, dan explanation*.
4. Model pembelajaran yang dipakai merupakan model berbasis inkuiri menurut *National Research Council (NRC) (2000)* yang terdiri dari 5 tahap pembelajaran yaitu *engaged, evidence, explanations, evaluate, dan communicates*.
5. Validitas LKPD dinilai oleh 3 validator yaitu 2 dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung dan 1 guru SMA melalui pengisian angket uji validitas yang terdiri dari validasi media dan desain serta validasi materi dan konstruk.
6. Kepraktisan LKPD ditinjau dari uji keterbacaan, uji respon peserta didik dan uji persepsi guru terhadap kesesuaian LKPD dengan tujuan pembelajaran yang dicapai. Uji keterbacaan yang diuji menggunakan lembar observasi pengguna, tujuannya yakni untuk mengetahui tingkat pemahaman peserta didik, dan daya tarik peserta didik untuk membacanya.
7. Penilaian oleh guru dilakukan bertujuan untuk melihat apakah LKPD yang dikembangkan dapat diimplementasikan dalam pembelajaran fisika materi gerak menggelinding.
8. Keefektifan LKPD diukur melalui *pretest-posttest* pada hasil belajar keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah mengerjakan LKPD yang telah dikembangkan. Selanjutnya dilakukan uji normalitas, nilai *N-Gain*, dan uji *paired sample t-test*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Teori

2.1.1. Teori Konstruktivis Sosial

Secara umum, teori konstruktivisme sosial merupakan teori yang menekankan bahwa pengetahuan dan pemahaman individu dibentuk melalui interaksi sosial dan budaya dengan lingkungan sekitar, tidak hanya ditemukan secara individu. Vygotsky berpendapat bahwa perkembangan intelektual seseorang dipengaruhi melalui dua faktor tersebut. Dalam hal ini, proses pembelajaran terjadi melalui penyampaian pengetahuan menggunakan bahasa, yang kemudian ditafsirkan dan dipahami oleh peserta didik berdasarkan pengalaman serta interaksi mereka dalam lingkungan sosialnya (Vygotsky, 1986). Konstruktivisme sosial memusatkan proses pembelajaran pada sifat kolaboratif peserta didik. Peserta didik melakukan kerjasama dengan peserta didik lain melalui kegiatan praktikum, diskusi dan pertukaran ide, sehingga dapat memperluas pemahaman dan pembelajaran menjadi lebih interaktif. Konstruktivisme sosial tidak hanya fokus pada aspek individu dalam proses belajar, tetapi juga menekankan pentingnya interaksi sosial dalam membentuk pemahaman yang lebih dalam dan komprehensif (Palincsar, 1998).

Dalam pembelajaran konstruktivisme, peserta didik berperan aktif membangun pengetahuan mereka sendiri melalui kelompok kerja dan kolaborasi dengan teman sebaya. Sehingga, pendekatan konstruktivisme

sosial memandang bahwa pengetahuan seseorang tidak dibangun sendiri, melainkan terbentuk melalui interaksi dan kolaborasi dalam kelompok. Selain itu, kemampuan mental anak akan berkembang lebih optimal melalui interaksi dan kerja sama dengan orang lain (Vygotsky, 1986). Hal ini mengharuskan guru untuk merancang kegiatan pembelajaran yang mendorong kolaborasi antar peserta didik, seperti bekerja dalam kelompok, melakukan diskusi dan saling membantu dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi. Interaksi antar peserta didik sangat penting dalam membangun pemahaman yang lebih mendalam melalui proses berbagi pengalaman dan gagasan bersama rekan sebaya (Wibowo *et al.*, 2025).

Vygotsky juga merupakan seseorang yang memperkenalkan istilah *Zone of Proximal Development (ZPD)* yang merupakan bagian dari gagasan konstruktivisme sosial. ZPD didefinisikan sebagai konsep dalam teori pembelajaran Vygotsky yang menggambarkan jarak antara kemampuan peserta didik yang mampu dicapai secara mandiri dan melalui bantuan orang lain yang lebih berpengalaman, seperti guru atau rekan sebaya yang lebih paham. Melalui bantuan bertahap tersebut, peserta didik secara perlahan didorong untuk berkembang hingga akhirnya mampu menyelesaikan tugas-tugas yang sebelumnya hanya bisa dilakukan dengan bimbingan orang lain (Lasmawan & Budiarta, 2020). Dalam praktiknya, penerapan ZPD selalu melibatkan penggunaan *scaffolding*, yaitu strategi pembelajaran yang merujuk pada dukungan sementara yang diberikan kepada peserta didik selama proses belajar. Dengan cara ini, peserta didik dapat mengambil alih tanggung jawab pada pembelajaran mandiri secara bertahap, sehingga membantu peserta didik bergerak dari zona faktual ke zona aktual dalam berkembang (Payong, 2020).

Dalam penelitian ini, teori konstruktivisme sosial diimplementasikan melalui serangkaian tahapan inkuiri terbimbing. Pertama, tahap *investigation*, peserta didik bersama kelompoknya terlibat langsung dalam

kegiatan praktikum menggunakan *phyphox* untuk mengumpulkan data dan pengalaman nyata. Kedua, tahap *conclusion*, peserta didik mendiskusikan hasil percobaan bersama kelompoknya untuk membuat kesimpulan secara bersama-sama. Ketiga, tahap *discussion*, peserta didik mempresentasikan hasil percobaan mereka di hadapan kelompok lain dan saling memberikan tanggapan dan masukan. Berdasarkan penjelasan diatas, peneliti menjadikan teori konstruktivisme sosial sebagai landasan dalam merancang media pembelajaran berbentuk LKPD interaktif, dengan mengintegrasikan berbagai kegiatan yang mendorong peserta didik untuk belajar dan bekerja sama secara berkelompok.

2.1.2. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

Lembar kerja peserta didik adalah sebuah bahan ajar yang dapat digunakan oleh guru untuk mendukung dan memfasilitasi kegiatan belajar mengajar sehingga dapat menciptakan interaksi yang efektif antar peserta didik (Umbaryati, 2016). LKPD dapat dirancang secara online dan elektronik yang berisi tugas-tugas yang mendukung pengembangan pengetahuan, sikap dan keterampilan peserta didik. LKPD mengarahkan peserta didik untuk menemukan pengetahuan baru dengan arahan dan petunjuk yang jelas, menjadikan peserta didik aktif dalam proses kegiatan pembelajaran, belajar secara mandiri, serta mampu mencari pemecah masalah yang tepat dari permasalahan yang diajukan pada LKPD (Sriyanti, 2016).

Proses penyusunan LKPD harus memperhatikan susunan komponen yang harus ada dalam produk yang akan dikembangkan. Adapun komponen penyusunan LKPD terdiri atas delapan unsur yaitu judul, kompetensi dasar yang ingin dicapai, waktu penyelesaian, peralatan/bahan yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas, informasi singkat, langkah kerja, tugas yang harus dilakukan, dan laporan yang harus dikerjakan (Departemen Pendidikan Nasional, 2008). Dalam penyusunan LKPD perlu mengacu pada pedoman yang memenuhi standar isi, melalui proses analisis kebutuhan, dan

harus dimulai dari silabus dan RPP (Batong & Wilujeng, 2018). Menurut Nuraini (2018), penyusunan LKPD harus memenuhi berbagai persyaratan. Persyaratan yang harus terpenuhi antara lain:

1. Syarat didaktik, yaitu syarat yang mengharuskan LKPD untuk mengikuti asas-asas belajar-mengajar yang efektif.
2. Syarat kontruksi, yaitu syarat yang mengharuskan LKPD untuk menggunakan bahasa, susunan bahasa, kosa kata, tingkat kesulitan serta tingkat kejelasan yang disesuaikan dengan tingkat perkembangan peserta didik, sehingga peserta didik dapat memahami LKPD dengan mudah.
3. Syarat teknik pada LKPD secara lain dengan memperhatikan tulisan, gambar dan tampilan LKPD.

Ada beberapa langkah yang harus diambil untuk membuat dan mengembangkan suatu LKPD. Menurut Muslimah (2020) ada empat langkah dalam penyusunan LKPD yaitu melakukan analisis kurikulum pada suatu sekolah, menyusun kebutuhan, menentukan judul yang dipakai dan penulisan dalam LKPD. Setelah produk LKPD selesai dibuat, maka akan dilakukan evaluasi secara umum dengan beberapa kriteria yaitu pengetahuan dan keterampilan, sikap, produk yang dibuat sudah memenuhi kriteria, batasan waktunya serta kunci jawaban pada LKPD (Damayanti *et al.*, 2013).

Sebagai sebuah bahan ajar, LKPD juga perlu memiliki beberapa karakteristik yang akan dapat membantu peserta didik memahami konsep pembelajaran. Menurut Trianto (2007) dalam Prastowo (2014: 142), beberapa karakteristik suatu bahan ajar yaitu mendorong peserta didik untuk berpartisipasi aktif, menciptakan lingkungan pembelajaran yang menyenangkan, mendorong pemahaman holistik, dan memberikan pengalaman langsung kepada peserta didik. Hal ini sejalan dengan pendapat Asyhari *et al.*, (2016) yang menyatakan bahwa karakteristik LKPD

berkaitan dengan tema pembelajaran dan kehidupan sehari-hari peserta didik, tetapi tetap mengacu pada kompetensi yang ingin dicapai.

Karakteristik LKPD terdiri dari lima karakter yaitu disusun berdasarkan kurikulum yang berlaku, berorientasi pada tujuan yang telah ditetapkan dan dicapai, berfokus pada pembelajaran yang telah ditentukan, penyajian harus memperhatikan dan menyesuaikan karakteristik kognisi peserta didik, serta LKPD harus mengarahkan dan memunculkan perkembangan kreativitas peserta didik (Muslich, 2010).

Berdasarkan pendapat yang telah dikemukakan, dapat dipahami bahwa LKPD memberikan pengalaman belajar yang terdiri dari berbagai bentuk, tujuan, karakteristik, serta struktur yang menggunakan multimedia untuk memberikan dukungan dan memfasilitasi kegiatan pembelajaran yang akan membentuk suatu interaksi antara pendidik dan peserta didik. LKPD yang digunakan dalam penelitian di dalamnya memuat model pembelajaran *Inquiry Learning* yang memanfaatkan *Phyphox* sebagai media pembelajaran berupa alat praktikum yang digunakan sehingga dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi gerak menggelinding.

2.1.3. *Phyphox*

Fisika yang merupakan bagian dari sains yang memiliki karakteristik bahan ajar yang banyak bersifat abstrak, sehingga diperlukan pemikiran logis dan imajinasi dalam pembelajarannya. Kenyataannya, tidak semua peserta didik memiliki imajinasi yang sama sehingga kemampuan dalam memproses informasi abstrak pun tidak sama dan menyebabkan beberapa peserta didik akan gagal memahami konsep fisika yang akan menyebabkan miskonsepsi. Solusi untuk mengurangi terjadinya kesalahan konseptual akibat ketidakmampuan peserta didik berimajinasi secara abstrak terletak pada

bantuan media pembelajaran seperti bahan ajar, alat eksperimen, dan alat praktikum (Saputro, 2018).

Penggunaan alat praktikum untuk belajar memberikan peserta didik pengalaman belajar berdasarkan pengalaman dan menjadikan pembelajaran lebih bermakna. Penggunaan alat praktikum ini dapat menjadi media agar peserta didik tidak hanya mengamati fenomena fisis yang terjadi, tetapi juga memperoleh data fisis dari fenomena tersebut. Suatu perangkat nyata akan membutuhkan alat ukur dan perlengkapan lainnya untuk memperoleh data fisik. Saat memilih perangkat tambahan, peserta didik yang diajarkan harus memperhatikan fitur perangkat yang memfasilitasi pengumpulan dan analisis data. Ketika data dikumpulkan menggunakan alat praktis, fenomena fisik yang diamati dapat terjadi dengan sangat cepat. Sehingga, dibutuhkan perangkat yang bisa memfasilitasi secara otomatis pencatatan data dari hasil deteksi terhadap perubahan suatu besaran yaitu dengan menggunakan teknologi sensor (Islamiah *et al.*, 2023).

Berkembangnya teknologi menjadikan sensor tidak hanya tersedia dalam bentuk perangkat fisik, namun juga dapat terintegrasi di smartphone dalam bentuk aplikasi. Salah satu aplikasi yang dapat digunakan untuk membantu pelaksanaan praktikum fisika adalah *Phyphox*. *Phyphox* merupakan sebuah aplikasi yang dapat digunakan sebagai alat praktikum fisika dengan menggunakan sensor smartphone dan dikembangkan khusus untuk digunakan sebagai perangkat percobaan pada kelas fisika. *Phyphox* sendiri terhitung sebagai Aplikasi yang relatif baru dikarenakan penggunaannya masih belum banyak dan sedang berkembang pesat (Kristiyani *et al.*, 2020).

Keunggulan aplikasi *Phyphox* adalah dapat mengintegrasikan sensor yang terdapat pada *smartphone* dan laptop serta menggunakannya sebagai dasar pengukuran percobaan. *Phyphox* secara otomatis mendeteksi semua sensor pada *smartphone* dan menampilkan data yang diperoleh dalam bentuk grafik. Aplikasi *Phyphox* juga memiliki banyak fitur inovatif yang cocok

untuk eksperimen sederhana di sekolah (Götze *et al.*, 2017). Aplikasi ini menyederhanakan proses pengumpulan dan analisis data yang diperlukan setelah pengumpulan data, sehingga peserta didik dapat fokus melakukan kegiatan praktikum tanpa menghadapi kendala dalam melakukan analisis data (Yasmini *et al.*, 2021). Berbagai percobaan fisika dan pembelajaran berorientasi proyek dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Phyphox*, seperti praktikum mekanika, bunyi, optik, tekanan, magnet serta kombinasi dengan modul sensor berbasis mikrokontroler atau Arduino (Boimau *et al.*, 2021).

Dalam penelitian kali ini, peneliti berencana akan menggunakan menu *roll* yang terdapat dalam aplikasi *Phyphox*. Menu ini memanfaatkan sensor giroskop pada perangkat seluler untuk mengukur kecepatan dan percepatan benda yang menggelinding, dengan memasukkan jari-jari benda, aplikasi dapat menghitung kecepatan benda tersebut. Fitur ini sangat berguna dalam mendemonstrasikan dan menganalisis percepatan konstan pada bidang miring, sehingga memungkinkan pengguna untuk mengamati perubahan kecepatan benda saat menggelinding (<https://Phyphox.org/experiment/roll/>). Adapun tampilan menu dalam *Phyphox* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Menu *Phyphox*

No	Menu <i>Phyphox</i>	Keterangan
1.		Menu Awal <i>Phyphox</i>
2.		Menu <i>Roll</i>

2.1.4. *Inquiry Based Learning*

Inquiry menjadi salah satu model pembelajaran yang tepat untuk digunakan dalam melatih keterampilan berpikir kritis. *Inquiry Based Learning* (Model Pembelajaran Inkuiri) adalah metode pembelajaran yang menekankan pada proses berpikir kritis dan analitis serta mendorong peserta

didik untuk secara mandiri mencari dan menemukan jawaban atas permasalahan yang diajukan. Pembelajaran inkuiri merupakan serangkaian kegiatan pembelajaran yang memaksimalkan seluruh kemampuan setiap peserta didik dalam mencari dan menyelidiki secara sistematis, kritis, logis dan analitis, sehingga memungkinkan mereka merumuskan penemuannya dengan penuh percaya diri (Gulo, 2008). Menurut Bayram *et al.*, (2013), pembelajaran inkuiri didefinisikan sebagai suatu kegiatan pembelajaran dimana peserta didik menemukan pengetahuan baru yang bermakna karena peserta didik terlibat dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran, seperti memahami pertanyaan dan permasalahan ilmiah, merumuskan masalah, merancang percobaan, mengumpulkan dan menganalisis data, serta menarik kesimpulan berdasarkan masalah dan fenomena ilmiah.

Pembelajaran inkuiri membuat pembelajaran menjadi aktif, efektif dan efisien dalam proses penyelidikan. Vartak *et al.*, (2013) menyatakan bahwa meningkatnya pengetahuan belajar peserta didik disebabkan adanya kegiatan penyelidikan dalam pembelajaran. Melalui pembelajaran berbasis inkuiri, peserta didik diharapkan dapat menguasai konsep, mengembangkan kreativitas, inovasi, kemampuan berpikir kritis, dan kesadaran pemahaman untuk mampu memecahkan masalah yang dihadapinya. Pembelajaran inkuiri memiliki tujuan utama yaitu untuk mengembangkan peserta didik menjadi mandiri dalam proses pembelajaran (Madiniah & Noviar, 2016).

Sound dan Trowbridge (Mulyasa, 2008) menyatakan bahwa ada tiga macam model inkuiri antara lain :

1. Inkuiri terbimbing (*guide inquiry*)

Model ini melibatkan penyelidikan yang diarahkan oleh guru dimana peserta didik akan melakukan penyelidikan berdasarkan instruksi dan petunjuk yang diberikan oleh guru. Instruksi ini biasanya terdiri dari serangkaian pertanyaan yang membimbing atau panduan bagi peserta didik. Jenis pembelajaran ini dipakai oleh peserta didik yang belum memiliki pengalaman yang cukup atau pengalaman yang terbatas. Guru

akan memberikan bimbingan yang cukup komprehensif dan rinci. Dalam praktiknya di kelas, sebagian besar perencanaan dilakukan oleh guru dan peserta didik tidak terlibat aktif dalam merumuskan permasalahan.

2. Inkuiri bebas (*free inquiry*)

Pada inkuiri bebas, peserta didik melakukan penelitian secara independen seperti seorang ilmuwan. Mereka merumuskan masalah penelitian mereka sendiri, melakukan eksperimen mereka sendiri, dan menarik kesimpulan serta konsep-konsep secara independen berdasarkan hasil temuan penelitian mereka.

3. Inkuiri bebas yang dimodifikasi (*modified free inquiry*)

Pada inkuiri ini, guru memberikan permasalahan kepada peserta didik dan mereka akan memecahkan permasalahan tersebut melalui observasi, eksplorasi, serta prosedur penelitian yang dilakukan secara mandiri. Dalam hal ini, guru memberikan arahan dan bimbingan, namun peserta memiliki kebebasan untuk menjalankan proses penyelidikan dan menemukan solusi berdasarkan pengetahuan dan pemahaman yang mereka kembangkan selama proses tersebut.

Berdasarkan penjelasan mengenai jenis model pembelajaran inkuiri, dapat dijelaskan bahwa segala kegiatan yang dilakukan peserta didik ditujukan untuk mencari dan menemukan jawaban atas pertanyaannya sendiri, sehingga diharapkan peserta didik dapat menumbuhkan sikap percaya diri, guru hanya sebagai fasilitator dan motivator belajar peserta didik. Aktivitas model inkuiri menurut *National Research Council (NRC) (2000)* digunakan untuk kegiatan LKPD yang dikembangkan dalam penelitian ini dengan inkuiri *modified free inquiry*. Adapun tahap-tahap yaitu *engaged* (keterlibatan), *evidence* (pembuktian), *explanations* (penjelasan), *evaluate* (evaluasi) dan *communicates* (komunikasi). Tahapan aktivitas model pembelajaran berbasis inkuiri dipaparkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Aktivitas Pembelajaran Inkuiri

Fase	Sub-fase	Peserta didik	Guru
<i>Engaged</i>	Menanyakan	Mengamati video fenomena dan mencari informasi tambahan melalui internet, sehingga dapat menjawab pertanyaan atau permasalahan yang ada menjadi sebuah prediksi.	Mengajukan permasalahan dalam bentuk video fenomena dan pertanyaan. Sehingga dapat merangsang minat keingintahuan tentang suatu topik permasalahan dihadapi.
	Merumuskan masalah	Merumuskan masalah mengenai suatu topik permasalahan dihadapi.	Guru meminta dan memberikan arahan peserta didik untuk merumuskan masalah dan membuat hipotesis dari permasalahan yang muncul untuk diselidiki.
	Generalisasi Hipotesis	Membuat hipotesis mengenai rumusan masalah yang dinyatakan.	
<i>Evidence</i>	Eksplorasi	Eksplorasi melalui kegiatan eksperimen dengan aplikasi <i>Phyphox</i>	Memberikan bahan-bahan memberikan penjelasan tentang hal-hal yang berkaitan dengan penyelidikan dan membimbing peserta didik yang mengalami kendala dalam melaksanakan penyelidikan.
	Percobaan	Merancang dan melakukan percobaan untuk menguji hipotesis	
<i>Explanations</i>	Mengumpulkan data	Mengumpulkan, menganalisis dan menafsirkan data, menguji ide mereka, mengembangkan model dan memperjelas konsep	Membimbing peserta didik untuk berdiskusi dengan menggunakan data untuk menjawab pertanyaan dalam penyelidikan.
	Menganalisis data		
<i>Evaluate</i>	Evaluasi	Menyimpulkan hasil dari data sehingga dapat membandingkan kesimpulan yang dibuat berdasarkan data dengan hipotesis atau pertanyaan penelitian.	Mengarahkan peserta didik agar dapat menyimpulkan hasil yang sebenarnya dan membandingkan dengan hipotesis.
<i>Communicates</i>	Meninjau	Menyajikan hasil penyelidikan kepada orang lain (rekan, guru) dan mengumpulkan	Meminta peserta didik untuk mempresentasikan hasil penyelidikan

Fase	Sub-fase	Peserta didik	Guru
		umpan balik dari mereka. Diskusi dengan orang lain.	dan saling menilai hasil penyelidikan mereka
	Menilai	Melakukan tanya jawab terhadap hasil penyelidikan mereka masing-masing	

(NRC, 2000)

2.1.5. Kemampuan Berpikir Kritis

Keterampilan berpikir kritis adalah keterampilan yang dibangun peserta didik berdasarkan pengalaman mereka sendiri dan pengetahuan baru yang mereka peroleh dari menghadapi masalah. Menurut Facione (2015), berpikir kritis berarti berpikir secara kritis, menggunakan sudut pandang yang berbeda, membandingkan gagasan, memberikan penjelasan, dan mengevaluasi apa yang telah diungkapkan guna mencapai kesimpulan yang relevan dengan permasalahan yang dihadapi. Berpikir kritis adalah upaya untuk mengumpulkan, menafsirkan, menganalisis, dan mengevaluasi informasi untuk mencapai kesimpulan yang dapat diandalkan. Peserta didik harus mengembangkan keterampilan kritis, termasuk kemampuan menerapkan penalaran logis, membedakan fakta dari opini, serta mempertimbangkan secara kritis informasi berdasarkan bukti sebelum menerima atau menolak gagasan dan pertanyaan terkait permasalahan yang dihadapi (Chukwuyenum, 2013).

Keterampilan berpikir kritis harus dikembangkan selama proses pembelajaran. Keterampilan berpikir kritis sangat penting untuk pembelajaran, perkembangan kognitif, dan pencarian informasi yang efektif (Hamdani *et al.*, 2019). Keterampilan berpikir kritis merupakan proses metakognitif yang dibutuhkan peserta didik untuk mempertimbangkan bagaimana mereka berpikir untuk menghadapi berbagai permasalahan dalam kehidupan sosial dan pribadinya, maka dari itu peserta didik harus meningkatkan kemampuan berpikir kritis mereka (Sari *et al.*, 2021).

Salah satu cara untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik adalah dengan melibatkan mereka dalam pembelajaran melalui *Hands-on Activity* (Agustia et al., 2019). *Hands-on activity* memberikan ruang bagi peserta didik untuk leluasa mengembangkan ide dan penemuannya saat melaksanakan kegiatan, sehingga memungkinkan mereka bekerja sendiri dengan mudah, menyenangkan, dan bermotivasi tinggi (Yulianti et al., 2010). *Hands-on activity*, sebagaimana didefinisikan oleh Kartono, (2010) merupakan suatu kegiatan yang dirancang untuk melibatkan peserta didik dalam menggali informasi, bertanya, beraktivitas, menemukan permasalahan, mengumpulkan data, menganalisis serta membuat kesimpulan sendiri.

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat diketahui bahwa keterampilan berpikir kritis dapat didefinisikan sebagai proses berpikir dengan teliti dan rasional berdasarkan informasi yang ada, menganalisis suatu masalah dengan yang lainnya, dan menggunakan penalaran ilmiah yang logis untuk mencapai kesimpulan relevan dengan masalah tersebut. Indikator berpikir kritis yang digunakan pada penelitian ini yang dikemukakan oleh Facione, (2015) yaitu *interpretation, analysis, evaluation, inference, dan explanation*.

Tabel 3. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

Indikator	Sub Indikator	Keterangan Indikator
<i>Interpretation</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Categorization</i> • <i>Decoding Significance</i> • <i>Clarifying Meaning</i> 	Memahami dan mengekspresikan makna atau signifikansi dari berbagai macam pengalaman, situasi, data, peristiwa, penilaian, konvensi, keyakinan, aturan, prosedur atau kriteria.
<i>Analysis</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Examining Ideas</i> • <i>Identifying Arguments</i> • <i>Analyzing Arguments</i> 	Mengidentifikasi hubungan inferensial yang dimaksudkan dan yang sebenarnya di antara pernyataan, pertanyaan, konsep, deskripsi, atau bentuk representasi lainnya dimaksudkan untuk mengekspresikan keyakinan, penilaian, pengalaman, alasan, informasi, atau pendapat.
<i>Evaluation</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Assessing Claims</i> • <i>Assessing Arguments</i> 	Menilai dari suatu pernyataan atau penyajian lain dengan melihat atau menunjukkan persepsi,

Indikator	Sub Indikator	Keterangan Indikator
		pengalaman, situasi, keputusan, kepercayaan, atau opini seseorang serta kekuatan logika dari hubungan inferensial antara pernyataan, deskripsi, pertanyaan, atau penyajian lainnya.
<i>Inference</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Querying Evidence</i> • <i>Conjecturing Alternatives</i> • <i>Drawing Conclusions</i> 	Mengidentifikasi dan mengamankan elemen-elemen yang diperlukan untuk menarik kesimpulan yang masuk akal; untuk membentuk dugaan dan hipotesis; untuk mempertimbangkan informasi yang relevan dan untuk menghasilkan konsekuensi yang mengalir dari data, pernyataan, prinsip, bukti, penilaian, keyakinan, pendapat, konsep, deskripsi, pertanyaan, atau bentuk representasi lainnya. representasi.
<i>Explanation</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Stating Results</i> • <i>Justifying Procedures</i> • <i>Presenting Arguments</i> 	Menyatakan hasil penalaran seseorang; untuk membenarkan penalaran tersebut dalam hal bukti, konseptual, metodologis, kritis dan kontekstual pertimbangan yang mendasari hasil yang diperoleh; dan untuk menyajikan penalaran seseorang dalam bentuk argumen yang kuat.

(Facione, 2015)

Selain itu, berdasarkan penjelasan indikator tersebut maka pada penelitian pengembangan LKPD, peserta didik mampu melatih keterampilan berpikir kritis mereka dengan aktivitas-aktivitas sintaks model inkuiri melalui kegiatan praktikum, menganalisis masalah, membuat hipotesis, menarik kesimpulan, berdiskusi, dan melakukan penyelidikan untuk menguji hipotesis.

2.1.6. Gerak Menggelinding

Fisika merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang menyelidiki studi tentang gejala alam yang dapat dibuktikan secara teoritis atau eksperimental. Tujuan suatu eksperimen dilakukan untuk membuktikan kebenaran suatu teori, sedangkan teori digunakan sebagai referensi untuk memandu pelaksanaan eksperimen (Dasriyani *et al.*, 2015). Fisika pada

proses pembelajarannya tidak hanya mengkaji teori-teori namun juga dapat membuktikan teori tersebut dan menyelesaikan permasalahan ilmiah melalui kegiatan praktikum. Hal ini dilakukan agar tercipta pemahaman yang menyeluruh secara teori maupun penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Pemahaman teori yang mendalam tentunya didukung oleh bukti nyata agar pembelajaran lebih bermakna (M. E. Wahyuni *et al.*, 2020). Salah satu eksperimen fisika yang dapat dilakukan oleh peserta didik dalam suatu pembelajaran yaitu gerak menggelinding suatu benda.

Gerak menggelinding adalah hasil jumlahan atau superposisi dari gerak translasi dan gerak rotasi. Gerak translasi adalah gerak benda yang arahnya lurus ataupun melengkung yang menggunakan konsep hukum Newton II. Sedangkan gerak rotasi adalah gerak yang mengalami perputaran terhadap poros tertentu. Gerak rotasi ini disebabkan oleh adanya torsi yaitu kecenderungan sebuah gaya untuk memutar suatu benda tegar terhadap titik poros tertentu (Naslim *et al.*, 2022).

Suatu benda dapat dikatakan berotasi apabila benda tersebut berputar pada satu titik sumbu putar dan tidak mengalami perpindahan tempat. Selain itu, benda dapat dikatakan menggelinding apabila benda tersebut berputar pada satu titik sumbu putar dan mengalami perpindahan tempat. Hal ini menyebabkan benda yang menggelinding akan mempunyai jarak tempuh tertentu ketika benda tersebut berputar pada sumbu putarnya. Sebagai contoh jarum jam yang berputar merupakan gerak rotasi, sedangkan roda pada kendaraan yang bergerak mengalami gerak menggelinding (Panuluh, 2021).

Gerak menggelinding dibagi menjadi dua jenis yaitu gerak menggelinding tanpa slip (*Rolling without slipping*) dan gerak menggelinding dengan slip (*Rolling with sliding*). Gerak menggelinding tanpa slip adalah suatu jenis gerak yang terjadi ketika sebuah benda berbentuk bulat, seperti bola atau roda, bergerak pada permukaan yang rata dan tidak licin. Pada gerak

mengelinding tanpa slip, benda tersebut tidak mengalami perubahan kecepatan atau arah, sehingga gerakannya dapat diprediksi dengan baik. Sementara, gerak menggelinding dengan slip adalah suatu jenis gerak yang terjadi ketika sebuah benda berbentuk bulat, seperti bola atau roda, bergerak pada permukaan yang rata dan licin. Pada gerak menggelinding dengan slip, benda tersebut mengalami perubahan kecepatan dan arah, sehingga gerakannya tidak dapat diprediksi dengan baik.

Benda yang menggelinding mempunyai energi kinetik yang dapat diperoleh melalui penjumlahan dari energi kinetik rotasi dan energi kinetik translasi (Setyawan, 2019). Persamaan energi kinetik rotasi ini dapat diturunkan dari konsep energi kinetik translasi. Energi kinetik translasi dirumuskan sebagai berikut:

$$Ek_{Trans} = \frac{1}{2}mv^2$$

dengan:

Ek_{Trans} : energi kinetik translasi (J)

m : massa benda (kg)

v : kecepatan benda (m/s)

Dengan menganggap benda bergerak rotasi, maka kecepatan linier benda dapat ditulis $v = r\omega$, sehingga diperoleh:

$$Ek_{Rot} = \frac{1}{2}m(r\omega)^2$$

$$Ek_{Rot} = \frac{1}{2}mr^2\omega^2$$

Sehingga persamaan Ek_{Rot} dapat ditulis:

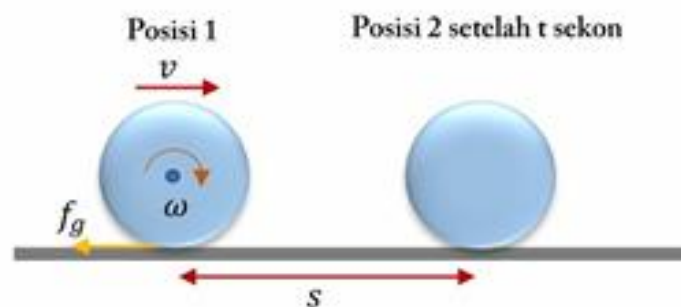
$$Ek_{Rot} = \frac{1}{2}I\omega^2$$

dengan:

Ek_{Rot} : energi kinetik rotasi (J)

I : momen inersia benda ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

ω : kecepatan sudut benda (rad/s)



Gambar 1. Posisi Benda yang Menggelinding

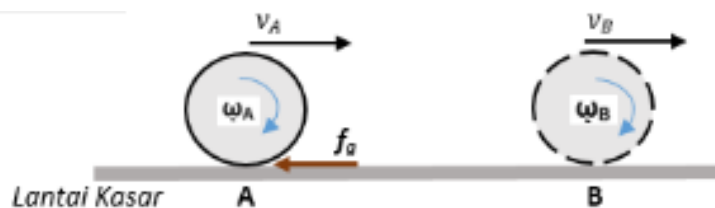
Pada gambar 1, suatu benda bergerak menggelinding, maka benda tersebut melakukan gerak translasi (memiliki v) sekaligus gerak rotasi memiliki (ω). Oleh karena itu, energi kinetik yang dimiliki benda juga terdiri atas energi kinetik translasi dan rotasi, sehingga diperoleh:

$$Ek_{Tot} = Ek_{Trans} + Ek_{Rot}$$

$$Ek_{Tot} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

Meskipun energi kinetik translasi dan rotasi gerak menggelinding tanpa slip dan dengan slip sama, terdapat perbedaan antara keduanya dimana Pada menggelinding tanpa slip, energi kinetik total adalah penjumlahan energi kinetik translasi dan rotasi, sedangkan pada menggelinding dengan slip, energi kinetik rotasi berkurang karena energi kinetik hilang sebagai panas akibat gesekan.

Benda yang mengalami gerak menggelinding pasti terjadi pada lantai yang kasar, sehingga pada lantai tersebut bekerja gaya gesekan (f_g). Pada kasus ini, gaya gesekan (f_g) dapat dimasukkan dalam gaya yang terdapat pada dalam diri sistem gerak, sehingga akan berlaku Hukum Kekekalan Energi Mekanik, dengan memasukkan Ek_{Rot} sebagai variabel tambahan pada energi kinetik total. Perhatikan Gambar 2 kejadian berikut!



Gambar 2. Analisis Pergerakan Benda yang Menggelinding

Dalam kasus ini Hukum Kekekalan Energi Mekanik dapat ditulis:

$$EM_A = EM_B$$

$$EP_A + EK_A = EP_B + EK_B$$

$$EP_A + (Ek_{A.Trans} + Ek_{A.Rot}) = EP_B + (Ek_{B.Trans} + Ek_{B.Rot})$$

$$EP_A + \left(\frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}I\omega_A^2\right) = EP_B + \left(\frac{1}{2}mv_B^2 + \frac{1}{2}I\omega_B^2\right)$$

2.2. Penelitian yang Relevan

Adapun beberapa penelitian yang relevan terhadap penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Penelitian yang Relevan

Nama Peneliti	Nama Jurnal	Judul Artikel	Hasil Penelitian
(Suoth <i>et al.</i> , 2023)	Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika	Pembelajaran Fisika Berbasis Praktikum <i>Phyphox</i> Menggunakan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing.	Penelitian ini menunjukkan bahwa dalam pembelajaran fisika berbasis praktikum <i>Phyphox</i> dengan menggunakan model pembelajaran inkuiri terbimbing, mahasiswa semester V fisika yang terdiri dari 15 subjek dapat meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa pada topik gerak menggelinding.
(Kauwo <i>et al.</i> , 2022)	Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika.	Efektivitas <i>Phyphox</i> sebagai Media Pembelajaran pada	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi <i>Phyphox</i> efektif digunakan sebagai media

Nama Peneliti	Nama Jurnal	Judul Artikel	Hasil Penelitian
		Eksperimen Gerak Jatuh Bebas.	pembelajaran, praktis untuk diterapkan, dan mampu meningkatkan pemahaman konsep serta keterampilan proses sains peserta didik. Hasil ini didukung dengan rata-rata nilai yang meningkat dari hasil <i>pretest</i> 42,67 menjadi 86,67 pada <i>posttest</i> dan skor <i>N-Gain</i> rata-rata dari peserta didik adalah 76,4%.
(Gulo <i>et al.</i> , 2024)	<i>Indonesian Research Journal on Education</i>	Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Mata pelajaran Fisika Kelas XI SMA Berbasis <i>Phyphox</i>	Penelitian ini menghasilkan LKPD Fisika berbasis <i>Phyphox</i> yang terbukti sangat layak untuk digunakan dalam pembelajaran. Uji kelayakan menunjukkan validasi ahli materi mencapai 88,13% (Sangat Valid) dan ahli media 76,92% (Valid). Keefektifan LKPD dibuktikan dengan respon guru sebesar 85,38% dan respon peserta didik 81,02% (keduanya dalam kriteria Sangat Baik). Penggunaan LKPD ini juga berhasil meningkatkan minat (83,06%) dan motivasi belajar peserta didik (83,28%) dengan kriteria Sangat Tinggi.
(W. A. S. Putri <i>et al.</i> , 2022)	ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika	Pengembangan E-LKPD Materi Efek Doppler Berbasis Inkuiri Terbimbing Berbantuan Aplikasi	Hasil pengembangan produk E-LKPD berbasis eksperimen inkuiri terbimbing dengan bantuan aplikasi <i>Phyphox</i> menunjukkan bahwa produk ini memiliki validitas tinggi

Nama Peneliti	Nama Jurnal	Judul Artikel	Hasil Penelitian
		<i>Phyphox</i> untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika.	dengan skor 89,33%, kepraktisan yang baik dengan skor 80,4%, dan efektivitas yang signifikan dengan rata-rata skor <i>N-Gain</i> sebesar 0,70, yang masuk dalam kategori tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa E-LKPD ini efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi Efek Doppler.
(Walid & Umar, 2022)	<i>Journal of Physics: Conference Series</i>	<i>Development of a Free Fall Motion Experiment Based on Smartphone using Phyphox Application</i>	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa eksperimen yang dikembangkan dengan menggunakan aplikasi <i>Phyphox</i> valid dan dapat diandalkan, dengan tingkat kesepakatan rata-rata sebesar 87,25% di antara guru fisika prajabatan.
(Ariyansah et al., 2021)	<i>Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika.</i>	<i>Pengembangan e-LKPD Praktikum Fisika pada Materi Gerak Harmonik Sederhana Berbantuan Aplikasi Phyphox untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Peserta Didik.</i>	Penelitian ini mengembangkan e-LKPD berbasis praktikum. E – LKPD yang dikembangkan tersebut valid, praktis untuk digunakan, dan efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep peserta didik. Hasil ini didapatkan dari nilai kevalidan dengan persentase 87,6%, kepraktisan dengan rata-rata 78,8%, dan keefektifan dengan skor <i>N-Gain</i> rata-rata 0,71.
(Kittiravechote & Sujariththam, 2021)	<i>29th International Conference on Computers in Education</i>	<i>Comparison of Experts and Novices in Determining</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai percepatan gravitasi yang

Nama Peneliti	Nama Jurnal	Judul Artikel	Hasil Penelitian
	<i>Conference, ICCE 2021-Proceedings</i>	<i>the Gravitational Acceleration Using Mobilephone with Phyphox Application</i>	diperoleh baik oleh pemula maupun ahli sesuai dengan nilai teoritis yang dilaporkan oleh National Institute of Metrology (Thailand), tanpa perbedaan signifikan dalam kinerja antara kedua kelompok pada tingkat signifikansi 0,10.
(Pierratos & Polatoglou, 2020)	<i>Physics Education</i>	<i>Utilizing the Phyphox App for Measuring Kinematics Variables with a Smartphone</i>	Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi <i>Phyphox</i> memungkinkan siswa untuk melakukan eksperimen kinematika dengan lebih mudah dan akurat. Data yang dihasilkan dapat langsung dianalisis dan ditampilkan di layar komputer.

Penelitian yang relevan di atas mendorong peneliti untuk mengembangkan sebuah LKPD yang memiliki kriteria sebagai berikut: 1. LKPD yang dikembangkan berbasis aktivitas model pembelajaran Inkuiri yang diadaptasi dari *National Research Council* (NRC) (2000), 2. LKPD yang dikembangkan menggunakan teknologi yang mempermudah peserta didik melakukan praktikum dimana saja, 3. LKPD dikembangkan dengan tujuan melatih keterampilan berpikir kritis yang indikatornya diadaptasi dari (Facione, 2015). Berdasarkan penjelasan di atas peneliti mengembangkan sebuah LKPD dengan judul “Pengembangan LKPD Berbantuan Aplikasi *Phyphox* dalam Model *Inquiry Learning* untuk Menstimulus Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Gerak Menggelinding.”

2.3. Kerangka Pemikiran

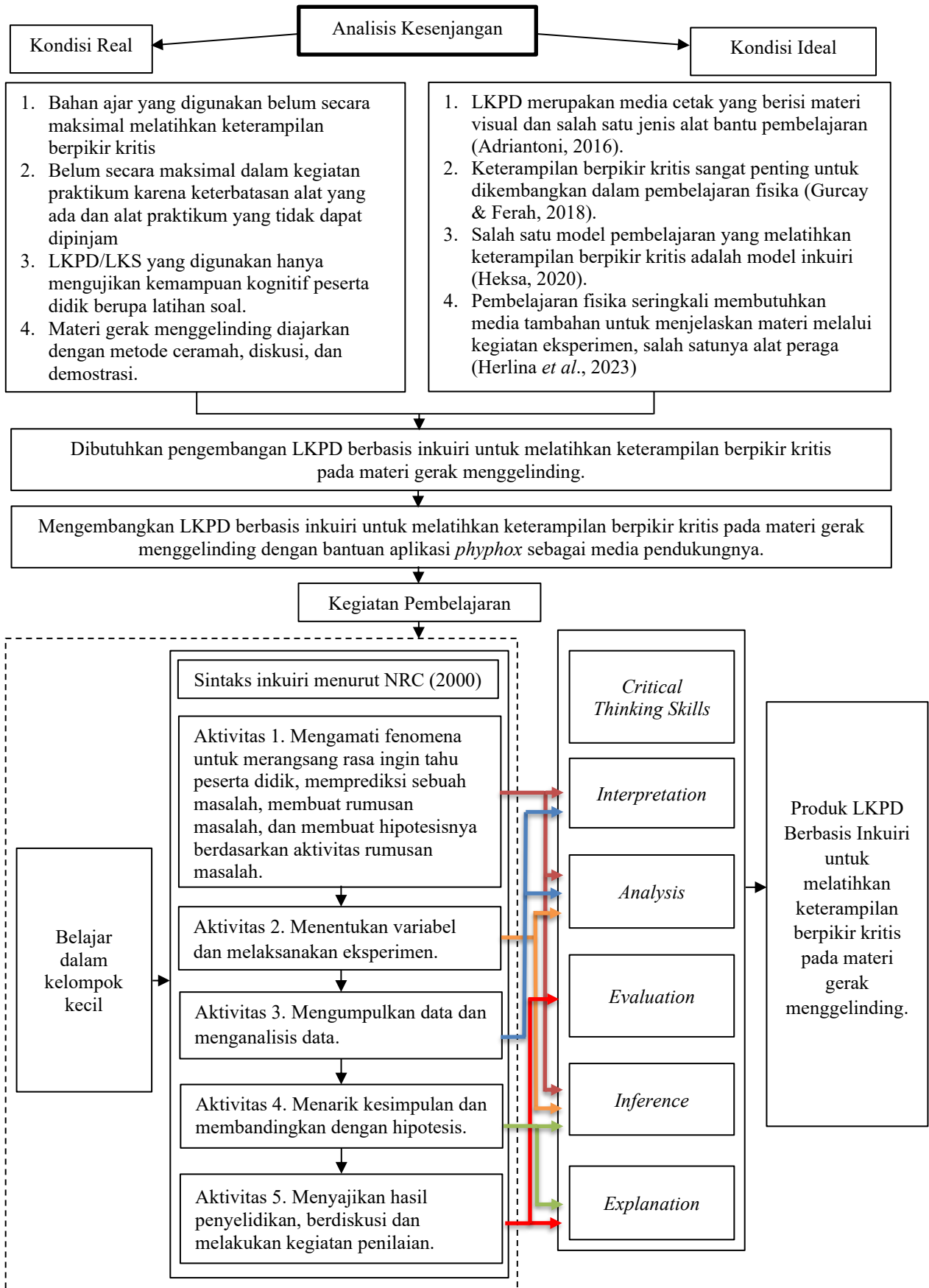
Bahan ajar menjadi salah satu penunjang pembelajaran yang dapat membantu peserta didik dalam memahami salah satunya yaitu bahan ajar LKPD. LKPD ini dibuat menggunakan model pembelajaran berbasis inkuiri pada materi gerak menggelinding. Tahapan-tahapan dalam LKPD berbasis aktivitas model pembelajaran berbasis inkuiri yang meliputi lima tahap yaitu tahap *engaged*, *evidence*, *explanations*, *evaluate*, dan *communicates*. Melalui tahapan-tahapan ini, dapat melatih keterampilan berpikir kritis.

Aktivitas LKPD ini menekankan pembelajaran berfokus pada peserta didik, dimana peserta didik bekerja dalam kelompok kecil. Kegiatan tahap pertama yaitu *engaged* dengan indikator keterampilan berpikir kritis yang dilatihkan yaitu *interpretation*, *analysis*, dan *inference*. Peserta didik mengamati fenomena untuk merangsang rasa ingin tahu melalui suatu pernyataan masalah kemudian memprediksi sebuah masalah sehingga dapat membuat rumusan masalah, dan membuat hipotesisnya berdasarkan aktivitas rumusan masalah yang telah dibuat. Kegiatan tahap kedua yaitu *evidence* dengan indikator keterampilan berpikir kritis yang dilatihkan yaitu *analysis* dan *inference*. Peserta didik mengidentifikasi argumen untuk menentukan variabel percobaan dan melakukan percobaan.

Kegiatan tahap ketiga yaitu *explanations* dengan indikator keterampilan berpikir kritis yang dilatihkan yaitu *interpretation* dan *analysis*. Peserta didik mengumpulkan data, kemudian menganalisis data berdasarkan percobaan yang dilakukan. Kegiatan tahap keempat yaitu *evaluate* dengan indikator keterampilan berpikir kritis yang dilatihkan yaitu *inference* dan *explanation*. Peserta didik menarik kesimpulan dari data yang telah diperoleh kemudian membandingkan data hasil eksperimen dengan hipotesis. Kegiatan tahap kelima yaitu *communication* dengan indikator keterampilan berpikir kritis yang dilatihkan yaitu *evaluation* dan

explanation. Peserta didik menyajikan hasil penyelidikan, dan memberikan tanggapan.

Berdasarkan pemaparan yang telah dijelaskan, maka peneliti mengembangkan LKPD berbasis model inkuiri yang dapat melatih kemampuan berpikir kritis pada materi gerak menggelinding berbantuan aplikasi *Phyphox* sebagai alat praktikumnya. Berdasarkan uraian pemikiran, diagram yang dapat menggambarkan lebih jelas mengenai kerangka pemikiran disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Kerangka Pemikiran

III. METODE PENELITIAN

3.1. Desain Pengembangan

Desain penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan *Design and Development Research* (DDR) yang diadaptasi dari Richey & Klien, (2007). Pendekatan *Design and Development Research* (DDR) merupakan pendekatan yang sistematis dengan melibatkan berbagai proses, seperti proses desain dan pengembangan serta evaluasi berdasarkan penelitian yang berdasarkan pengalaman dari percobaan yang dilakukan.

3.2. Prosedur Penelitian Pengembangan

Prosedur penelitian pengembangan ini menggunakan pendekatan *Design and Development Research* (DDR) kategori penelitian pengembangan produk yang diadaptasi dari Richey & Klein (2007), yang terdiri dari atas 4 tahapan yaitu, *analysis* (analisis), *design* (desain), *development* (pengembangan), dan *evaluation* (evaluasi).

3.2.1. Tahap *Analysis* (Analisis)

Tahap *analysis* (menganalisa) merupakan tahap dimana kebutuhan dianalisis, ketersediaan produk yang sedang dikembangkan dipetakan, dan tujuan pengembangan produk tersebut ditentukan. Analisis kebutuhan dilakukan dengan memberikan angket analisis kebutuhan kepada guru dalam mata pelajaran fisika dan peserta didik di SMAN 1

Talang Padang. Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi peluang dan permasalahan sekolah. Informasi yang diperoleh berdasarkan analisis kebutuhan menjadi dasar peneliti selama melakukan penelitian.

3.2.2. Tahap *Design* (Desain)

Tahap *design* adalah tahap kedua dari proses pengembangan produk yaitu merancang suatu produk yang dikembangkan dengan didasarkan pada hasil analisis yang telah dilakukan dan indikator yang ingin dicapai. Peneliti mendesain rancangan produk LKPD berbasis aktivitas model *inquiry learning* sehingga dapat melatih keterampilan berpikir kritis pada materi gerak menggelinding untuk SMA kelas XI semester ganjil berbantuan aplikasi *Phyphox*. Peran aplikasi *phyphox* pada desain LKPD adalah sebagai alat ukur kecepatan linear dan kecepatan sudut.

Desain LKPD ini dibuat oleh peneliti karena LKPD terkait materi gerak menggelinding umumnya belum ada di SMA. Berikut ini merupakan *storyboard* LKPD.

Tabel 5. *Storyboard* LKPD

Bagian	Komponen	Penjelasan
Bagian Awal	Cover	Berisikan judul LKPD, gambar fenomena gerak menggelinding, identitas penyusun
	Prakata	Berisikan rasa syukur penulis kepada Allah SWT dan segala pihak yang terlibat
	Daftar isi	Berisikan daftar isi LKPD
	CP, TP, dan IKTP	Berisikan CP, TP, dan IKTP yang ingin dicapai oleh peserta didik
	Petunjuk belajar	Berisi petunjuk belajar menggunakan LKPD
Bagian Isi	<i>Engaged</i>	Aktivitas 1. Peserta didik mengamati fenomena gerak menggelinding merangsang rasa ingin tahu peserta didik serta memprediksi sebuah masalah, membuat rumusan masalah, dan membuat hipotesisnya berdasarkan aktivitas rumusan masalah.
	<i>Evidence</i>	Aktivitas 2. Peserta didik merencanakan dan melaksanakan kegiatan eksperimen untuk menguji hipotesis. Kegiatan eksperimen dilakukan dengan bantuan aplikasi <i>phyphox</i>

Bagian	Komponen	Penjelasan
		yang digunakan sebagai alat ukur kecepatan linear dan kecepatan sudut.
	<i>Explanations</i>	Aktivitas 3. Peserta didik mengumpulkan data dan menganalisis data yang sudah didapatkan.
	<i>Evaluate</i>	Aktivitas 4. Peserta didik menarik kesimpulan dari analisis yang sudah dilakukan dan membandingkan dengan hipotesis.
	<i>Communicates</i>	Aktivitas 5. Peserta didik melakukan presentasi, kemudian berdiskusi saling bertanya dan menilai satu sama lain.
Penutup	Latihan Soal	Berisikan latihan soal sebagai tugas akhir yang perlu dikerjakan peserta didik.
	Daftar Pustaka	Berisikan rujukan, referensi yang menunjang di dalam LKPD.

3.2.3. Tahap *Development* (Pengembangan)

Setelah mendesain, selanjutnya peneliti melaksanakan perancangan desain LKPD pada materi gerak menggelinding. Tahap *development* (pengembangan) merupakan tahap pengembangan produk sesuai dengan rancangan yang telah dibuat pada tahap *design*. Tahap *development* menghasilkan LKPD.

Tahap pengembangan dilakukan berdasarkan desain produk LKPD yang telah dibuat oleh peneliti, kemudian peneliti melakukan uji validitas oleh validator yang terdiri dari uji materi dan uji desain produk, validator memberikan penilaian terhadap produk berdasarkan angket berupa skala *likert* yang diberikan oleh peneliti. Validator diminta menuliskan saran perbaikan di lembar penilaian tersebut. Jika produk belum valid, maka peneliti melakukan revisi berdasarkan saran perbaikan dari validator hingga produk tersebut dapat dikatakan valid.

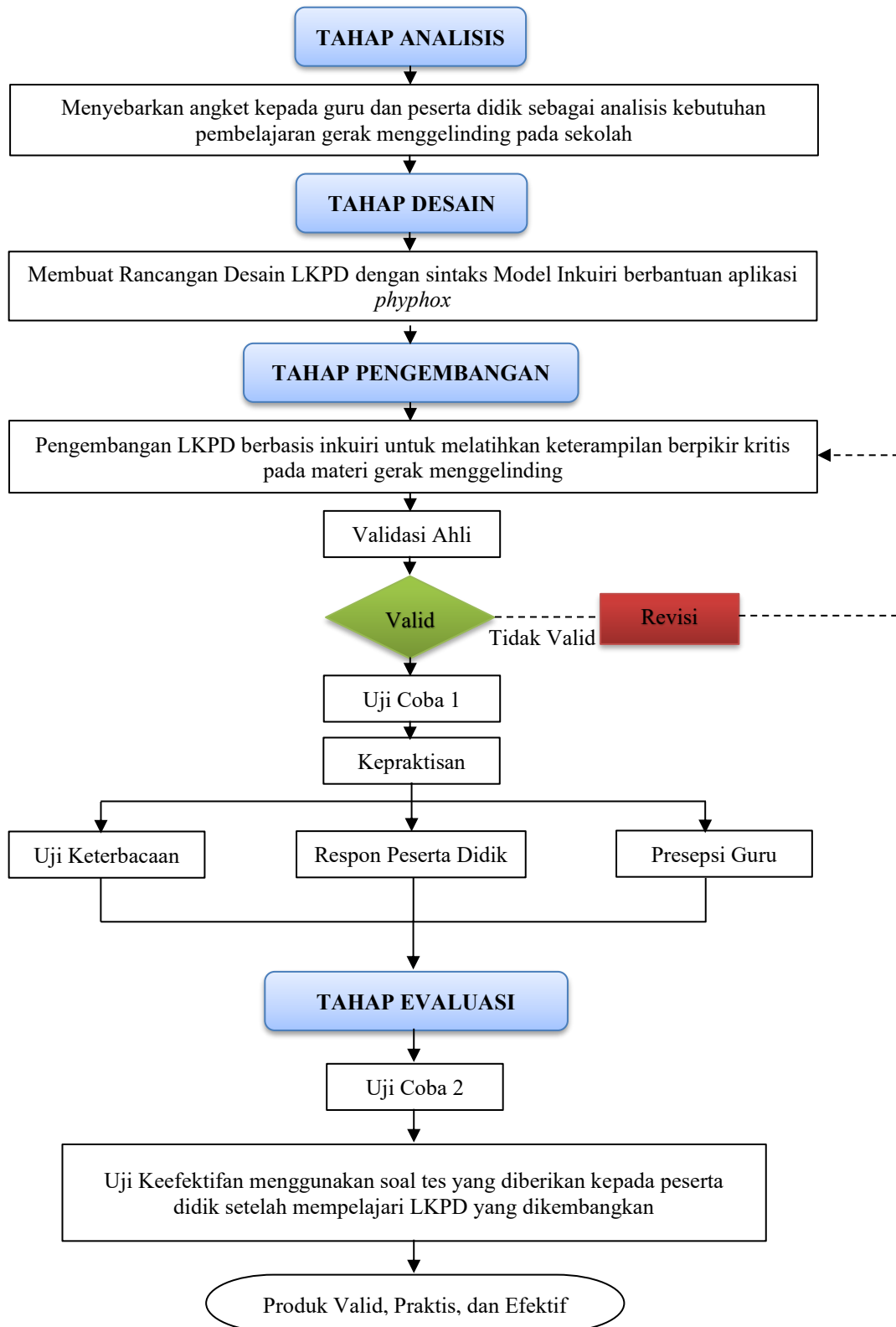
Jika produk sudah dikatakan valid, selanjutnya uji kepraktisan melalui uji keterbacaan, uji respon peserta didik, dan uji persepsi guru fisika. Uji kepraktisan bertujuan untuk mengetahui kepraktisan hasil pengembangan produk memungkinkan untuk diterapkan dalam pembelajaran di kelas XI.

3.2.4. Tahap *Evaluation* (Evaluasi)

Tahap evaluasi dilaksanakan setelah melakukan tahap analisis, desain, dan pengembangan. Hasil evaluasi digunakan sebagai bentuk *feedback* dalam melakukan revisi atau perbaikan produk. Evaluasi yang dilakukan setelah kegiatan analisis masalah, perbaikan desain, dan proses validasi oleh tim ahli serta uji keterbacaan dan uji persepsi guru.

Setelah produk dikatakan valid dan praktis maka dilanjutkan dengan uji keefektifan, melalui soal pretest dan posttest yang ditujukan pada peserta didik kelas XI SMAN 1 Talang Padang, analisis efektifitas ditentukan berdasarkan pemahaman kognitif peserta didik. Penilaian kognitif diperoleh berdasarkan hasil belajar peserta didik berupa peningkatan hasil pretest yang diberikan dan posttest berupa soal uji evaluasi LKPD yang dikembangkan. Hasil penilaian tersebut diuji menggunakan *n-gain* yang diadaptasi dari Hake (1998), yang menyatakan bahwa suatu bahan ajar dapat dikatakan efektif apabila hasil uji berada dalam kategori sedang dan tinggi.

Selengkapnya penelitian pengembangan ini dijelaskan pada diagram alur prosedur pengembangan produk pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alur Pengembangan

3.3. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu angket dan soal *pretest* dan *posttest*. Angket yang digunakan dalam penelitian ini berupa daftar pertanyaan yang diberikan kepada responden untuk menanyakan pendapatnya terhadap suatu permasalahan. Data dalam penelitian ini diperoleh dengan menggunakan instrumen angket berupa angket analisis kebutuhan guru dan peserta didik, angket uji validitas, angket uji kepraktisan, angket respon peserta didik, angket persepsi guru, dan instrumen soal *pretest* dan *posttest*.

3.3.1. Angket Analisis Kebutuhan

Angket analisis kebutuhan merupakan daftar pertanyaan untuk diberikan kepada guru dan peserta didik yang dilakukan pada saat studi pendahuluan, hal ini dilakukan untuk mengungkapkan perilaku guru dan peserta didik dalam proses pembelajaran. Angket analisis kebutuhan digunakan untuk dapat memperoleh informasi mengenai penggunaan LKPD yang digunakan di sekolah SMA tersebut.

3.3.2. Angket Uji Validitas

Angket uji validitas merupakan analisis yang digunakan oleh peneliti untuk dapat mengetahui tingkat kelayakan dan validitas dari produk yang dikembangkan berupa LKPD berbantuan aplikasi *Phyphox*, sehingga produk yang telah dikembangkan oleh peneliti dapat digunakan oleh guru dan peserta didik dalam proses pembelajaran sebagai media pembelajaran di sekolah. Sistem penskoran pada angket uji validasi ini menggunakan skala *likert* yang diadaptasi dari Sugiyono (2013) yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Skala *Likert* pada Angket Uji Validitas

Keterangan/	Skor
Sangat Baik	4
Baik	3
Kurang Baik	2
Tidak Baik	1

Sugiyono (2013)

3.3.3. Angket Uji Kepraktisan

Uji kepraktisan yang dilakukan peneliti berupa uji keterbacaan yang diuji menggunakan lembar observasi penggunaan yang bertujuan untuk mengetahui seberapa terbacanya produk LKPD yang telah dikembangkan oleh peneliti, tingkat pemahaman peserta didik, serta daya tarik peserta didik untuk membaca produk yang telah dikembangkan. Sistem penskoran menggunakan skala *likert* yang diadaptasi dari Sugiyono (2013) yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Skala *Likert* pada Angket Uji Keterbacaan

Keterangan	Skor
Sangat Terbaca/Sangat Baik	4
Terbaca/Baik	3
Kurang Terbaca/Kurang Baik	2
Tidak Terbaca/Tidak Baik	1

Sugiyono (2013)

3.3.4. Angket Respon Peserta Didik

Respon peserta didik diuji menggunakan lembar angket resepon peserta didik dengan tujuan untuk mengetahui respon peserta didik setelah menggunakan LKPD berbasis *Inquiry Learning* berbantuan *Phyphox*. Sistem penskoran uji persepsi guru menggunakan skala *likert* yang diadaptasi dari Sugiyono (2013) seperti pada uji kepraktisan.

3.3.5. Angket Uji Persepsi Guru

Uji persepsi guru menggunakan lembar uji persepsi guru terkait penggunaan LKPD dengan tujuan untuk mengetahui persepsi guru terhadap LKPD yang dikembangkan. Sistem penskoran uji persepsi guru menggunakan skala *likert* yang diadaptasi dari Sugiyono (2013) seperti pada uji kepraktisan.

3.3.6. Soal *Pretest* dan *Posttest*

Instrumen lembar soal *pretest* dan *posttest* ini digunakan untuk mengukur kemampuan kognitif peserta didik secara individu, sehingga LKPD yang dikembangkan dapat melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik. Instrumen ini digunakan untuk mengukur kemampuan awal dan akhir peserta didik setelah mempelajari yang LKPD telah dikembangkan.

3.4. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Kegiatan Pengumpulan Data

Variabel	Data yang diperlukan	Instrumen	Metode	Cara Analisis Data
Validitas	1. Data penelitian validitas LKPD dari sisi media dan desain	1. Lembar Angket Uji Kevalidan	Memberikan lembar angket uji kevalidan LKPD berbasis <i>Inquiry Learning</i> berbantuan <i>Phyphox</i> kepada 3 orang ahli yaitu 2 dosen pendidikan fisika dan 1 guru SMAN 7 Bandar Lampung	1. Membuat rekapitulasi hasil penilaian uji kevalidan produk dari validator 2. Menghitung rata-rata hasil penilaian uji kevalidan produk dari validator 3. Menentukan kategori validitas masing-masing aspek mengacu pada kategori yang dikemukakan Sugiyono (2013)
	2. Data penilaian validitas LKPD dari sisi materi dan konstruk			
Kepraktisan	1. Data penilaian hasil uji keterbacaan LKPD <i>Inquiry Learning</i> berbantuan <i>Phyphox</i>	1. Lembar Angket Uji Keterbacaan	Memberikan lembar angket uji keterbacaan kepada 35 peserta didik kelas XI B SMAN 1 Talang Padang untuk diisi sesuai petunjuk yang diberikan setelah menyimak LKPD <i>Inquiry Learning</i> berbantuan <i>Phyphox</i>	1. Membuat rekapitulasi hasil penilaian uji keterbacaan produk dari peserta didik 2. Menghitung rata-rata hasil penilaian uji keterbacaan produk dari peserta didik Menentukan kategori keterbacaan masing-masing aspek mengacu pada kategori yang dikemukakan Sugiyono (2013)

Variabel	Data yang diperlukan	Instrumen	Metode	Cara Analisis Data
	2. Data penilaian hasil respon peserta didik LKPD <i>Inquiry Learning</i> berbantuan <i>Phyphox</i>	2. Lembar Angket Uji Respon	Memberikan lembar angket uji keterbacaan kepada 35 peserta didik kelas XI B SMAN 1 Talang Padang untuk diisi sesuai petunjuk yang diberikan setelah menyimak LKPD <i>Inquiry Learning</i> berbantuan <i>Phyphox</i>	1. Membuat rekapitulasi hasil penilaian uji respon peserta didik 2. Menghitung rata-rata hasil penilaian uji respon peserta didik 3. Menentukan kategori uji respon masing-masing aspek mengacu pada kategori yang dikemukakan Sugiyono (2013)
	3. Data penilaian hasil uji persepsi guru terhadap LKPD <i>Inquiry Learning</i> berbantuan <i>Phyphox</i>	3. Lembar Angket Uji Persepsi guru	Memberikan lembar angket uji Persepsi guru kepada 2 guru SMAN 1 Talang Padang dan 1 guru SMAN 1 Kalianda	1. Membuat rekapitulasi hasil penilaian uji persepsi guru. 2. Menghitung rata-rata hasil penilaian uji respon peserta didik. 3. Menentukan kategori respon masing masing aspek mengacu pada kategori yang dikemukakan Sugiyono (2013)
Keefektifan	1. Data penilaian hasil <i>pretest-postest</i> peserta didik LKPD <i>Inquiry Learning</i> berbantuan <i>Phyphox</i>	1. Lembar soal <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> tentang materi gerak menggelinding	Melakukan kegiatan <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> kepada 35 peserta didik kelas XI B SMAN 1 Talang Padang	1. Membuat rekapitulasi hasil penilaian <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> peserta didik 2. Menghitung rata-rata hasil penilaian <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> peserta didik 3. Melakukan analisis pada hasil <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> peserta didik dengan menggunakan uji normalitas, <i>N-Gain</i> , dan <i>paired sample T-test</i> .

3.5. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode campuran (*mixed method*) yang dikemukakan oleh Creswell (2022), yaitu kualitatif dan kuantitatif, dimana data kualitatif untuk membantu mendeskripsikan tentang hasil data kuantitatif.

3.5.1. Analisis Data Uji Validitas

Data untuk validitas diperoleh dari angket uji ahli materi dan konstruk serta angket uji ahli media dan desain yang diisi oleh validator. Hasil uji validitas ahli digunakan untuk menghitung metode analisis data, yang dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$p = \frac{\text{Rerata yang didapat}}{\sum \text{Total}}$$

Hasil yang dihitung kemudian ditafsirkan sehingga mendapatkan kualitas dari produk yang dikembangkan. Penafsiran skor mengadaptasi dari Sugiyono (2013) seperti yang terlihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Konversi Skor Penilaian Validitas Produk

Kriteria	Interval Skor Hasil Penilaian
Sangat Valid	3,26 – 4,00
Valid	2,51 – 3,25
Kurang Valid	1,76 – 2,50
Tidak Valid	1,00 – 1,75

Sugiyono (2013)

Berdasarkan Tabel 9, peneliti memberikan batasan bahwa produk LKPD yang dikembangkan oleh peneliti terkategori valid untuk digunakan jika produk mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal persentase sebesar 2,51 dengan kriteria valid.

3.5.2. Analisis Data Uji Kepraktisan

Data yang digunakan untuk mengetahui kepraktisan produk diperoleh berdasarkan pengisian angket uji keterbacaan terhadap produk LKPD (data kuantitatif). Hasil jawaban pada angket dianalisis menggunakan analisis presentase berdasarkan rumus menurut Sugiyono (2013) seperti berikut:

$$\%X = \frac{\sum \text{Skor yang diperoleh}}{\sum \text{Skor maksimum}} 100\%$$

Data hasil pengisian angket uji keterbacaan dianalisis dengan kriteria yang mengadaptasi dari Sugiyono (2015) seperti pada Tabel 10.

Tabel 10. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan

Skor Rata-rata	Prasentase	Kriteria
1,00 – 1,75	25% - 43,75%	Kepraktisan rendah/ kurang baik
1,76 – 2,50	43,76% - 62,50%	Kepraktisan sedang/ cukup baik
2,51 – 3,25	62,51% - 81,25%	Kepraktisan tinggi/ baik
3,26 – 4,00	81,26% - 100%	Kepraktisan sangat tinggi/ sangat baik

Berdasarkan Tabel 10, peneliti memberi batasan bahwa produk yang dikembangkan terkategori praktis jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 62,51% dengan kriteria kepraktisan sedang/cukup baik.

3.5.3. Uji Respon Peserta Didik

Data yang digunakan untuk mengetahui respon peserta didik dalam penggunaan produk diperoleh berdasarkan pengisian angket uji respon (data kuantitatif). Data hasil pengisian angket uji respon dianalisis menggunakan analisis persentase seperti pada data untuk mengetahui kepraktisan produk LKPD, analisis persentase diadaptasi dari Sugiyono (2013).

3.5.4. Uji Persepsi Guru Terkait Penggunaan LKPD

Data yang digunakan untuk mengetahui persepsi guru terkait penggunaan LKPD diperoleh berdasarkan pengisian angket uji persepsi guru terkait penggunaan LKPD. Data hasil pengisian angket uji persepsi guru terkait penggunaan LKPD dianalisis menggunakan analisis persentase seperti pada data untuk mengetahui kepraktisan produk LKPD, berdasarkan rumus menurut Sugiyono (2013).

3.5.5. Analisis Instrumen Tes

Sebelum instrumen tes yang berupa soal *pretest-posttest* digunakan pada sampel penelitian, terlebih dahulu dilakukan pengujian instrumen menggunakan uji validitas dan uji reliabilitas.

a. Uji Validitas

Pengujian validitas instrumen digunakan untuk mengetahui tingkat kevalidan suatu instrumen yang digunakan sebelum diberikan pada sampel penelitian. Suatu instrumen dapat dikatakan valid apabila instrumen tes yang diujikan mampu mengukur apa yang hendak diukur (Supriadi, 2021). Pada penelitian ini, pengujian validitas instrumen menggunakan rumus *product-moment correlation* yaitu:

$$r_{hitung} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{N \sum X^2 - (\sum X)^2\} - \{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

Keterangan:

r_{hitung}	: Koefisien korelasi
$\sum X$: Jumlah skor butir soal
$\sum Y$: Jumlah skor total
N	: Jumlah sampel

(Supriadi, 2021)

Jadi, jika $r_{hitung} \geq r_{tabel}$ dengan taraf signifikansi ($\alpha = 0,05$) maka koefisien korelasi tersebut signifikan yang artinya butir soal tersebut dianggap valid. Uji validitas memiliki interpretasi koefisien korelasi validitas butir soal yang dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Interpretasi Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,80 – 1,00	Sangat Valid
0,60 – 0,79	Valid
0,40 – 0,59	Cukup Valid
0,20 – 0,39	Kurang Valid
0,00 – 0,19	Tidak Valid

b. Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas digunakan untuk melihat apakah instrumen evaluasi yang digunakan reliabel atau tidak. Reliabilitas ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana instrumen yang digunakan dapat dipercaya dalam penelitian. Pengujian reliabel ini menggunakan rumus alpha dengan bantuan SPSS versi 26.0, dimana kriteria reliabilitas dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Kriteria Reliabilitas Instrumen

Kriteria	Nilai N-Gain
Reliabilitas Sangat Tinggi	$0,80 < r_{11} \leq 1,00$
Reliabilitas Tinggi	$0,60 < r_{11} \leq 0,79$
Reliabilitas Sedang	$0,40 < r_{11} \leq 0,59$
Reliabilitas Rendah	$0,20 < r_{11} \leq 0,39$
Reliabilitas Sangat Rendah	$0, r_{11} \leq 0,19$

Tabel 12 menyatakan bahwa apabila nilai alpha lebih besar dari, maka soal *pretest posttest* yang digunakan dalam instrumen reliabel atau konsisten. Sebaliknya jika nilai alpha lebih kecil maka soal *pretest* dan *posttest* yang dinyatakan tidak reliabel atau tidak konsisten (Budiastuti & Bandur, 2018).

3.5.6. Analisis Data Uji Keefektifan

Analisis data yang digunakan untuk mengetahui keefektifan produk diperoleh berdasarkan tes (data kuantitatif). Tes dilakukan sebanyak dua kali, yaitu *pretest* dan *posttest*. Untuk mendapatkan data efektif dilakukan dengan menggunakan *One-Group Pretest Posttest Design*, dimana dilakukan *pretest* sebelum diberi perlakuan, sehingga hasil perlakuan dapat diketahui lebih akurat, karena dapat dibandingkan dengan keadaan sebelum diberi perlakuan. Bentuk desain *One-Group Pretest-Posttest* hanya menggunakan satu kelas sebagai sampel tanpa pembandingan. Hasil jawaban *pretest* dan *posttest* dianalisis menggunakan uji normalitas, nilai *N-Gain*, dan uji *Paired Sample t-test*.

a. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui distribusi data normal atau tidak normal. Data yang diuji berupa nilai hasil *pretest* dan *posttest*. Uji normalitas digunakan dengan uji statistik parametrik dengan bantuan program SPSS. Dasar pengambilan keputusan uji normalitas dapat dilihat dari nilai sig. yang terdapat pada Tabel *One Sample Kolmogorov-Smirnov Test*. Kriteria uji yang digunakan yaitu (1) jika nilai sig. > 0,05 maka H_0 diterima yang berarti data terdistribusi normal; (2) jika nilai sig. < 0,05 maka H_0 ditolak yang berarti data terdistribusi tidak normal (Supriadi, 2021).

b. Nilai *N-Gain*

Nilai *N-Gain* digunakan untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Berdasarkan hasil nilai *pretest* dan *posttest* maka dapat dihitung nilai *N-Gain* dengan rumus:

$$N - Gain = \frac{\text{nilai posttest} - \text{nilai pretest}}{\text{skor maksimum} - \text{nilai pretest}}$$

Kriteria interpretasi nilai *N-gain* dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Kriteria Interpretasi *N-gain*

Kriteria	Nilai <i>N-gain</i>
Tinggi	$g \geq 0,7$
Sedang	$0,3 \leq g < 0,7$
Rendah	$g < 0,3$

(Hake, 1998)

c. Uji *Paired Sample T-test*

Paired Sample t-test digunakan sampel data yang berdistribusi normal.

Uji hipotesis ini dilakukan untuk melihat perbedaan rata-rata hasil keterampilan berpikir kritis peserta didik sebelum dan sesudah diberi perlakuan. Uji ini dilakukan menggunakan bantuan program SPSS versi 25.0, dengan hipotesis sebagai berikut.

H_0 : Tidak terdapat peningkatan yang signifikan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan LKPD berbasis inkuiri.

H_1 : Terdapat peningkatan yang signifikan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan LKPD berbasis inkuiri.

Kriteria untuk mengambil keputusan yaitu apabila nilai $\text{sig} \leq 0,05$ maka H_1 diterima dan sebaliknya apabila nilai $\text{sig} \geq 0,05$ maka H_0 diterima.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengembangan LKPD berbantuan aplikasi *Phyphox* dalam model IBL untuk menstimulus kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi gerak menggelinding sebagai berikut.

1. Telah dihasilkan produk LKPD berbantuan aplikasi *Phyphox* yang valid, praktis, dan efektif untuk menstimulus kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi gerak menggelinding. LKPD memuat kegiatan penyajian video yang memicu rasa ingin tahu peserta didik dan mendorong mereka untuk membuat prediksi, merumuskan masalah dan merumuskan hipotesis atau dugaan. Selanjutnya, kegiatan praktikum dengan menentukan variabel dan melakukan percobaan berbantuan *Phyphox*. LKPD juga memuat kegiatan penjelasan dengan menuliskan hasil percobaan dan menganalisis pertanyaan yang ada berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan. Diikuti kegiatan penyusunan kesimpulan dari percobaan yang sudah dilaksanakan oleh peserta didik serta pengerjaan soal evaluasi pada LKPD.
2. LKPD hasil pengembangan dinyatakan sudah layak ditinjau dari desain, materi, dan konstruk, rata-rata nilai dari ketiga validator sebesar 3,54, dengan rata-rata validasi media dan desain diperoleh hasil sebesar 3,51 dan validasi materi dan konstruk sebesar 3,52. Hal ini menunjukkan LKPD berbasis inkuiri terkategori sangat valid

3. LKPD sangat praktis digunakan dalam proses pembelajaran gerak menggelinding. Hal ini dapat dilihat dari uji kepraktisan menggunakan uji keterbacaan dan respon dari 35 peserta didik serta uji persepsi dari 3 guru terhadap penggunaan LKPD berbasis inkuiri dengan hasil rata-rata uji keterbacaan peserta didik sebesar 82%, respon peserta didik sebesar 85% dan hasil rata-rata uji persepsi guru sebesar 93% dengan kategori sangat praktis.
4. LKPD berbasis inkuiri efektif digunakan untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik. Hal ini dilihat dari hasil uji beda rata-rata *posttest* lebih besar daripada *pretest* dan *N-gain* terkategori sedang yang menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada rata-rata hasil belajar peserta didik setelah menggunakan LKPD berbasis aktivitas model pembelajaran Inkuiri pada materi gerak menggelinding.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan LKPD berbasis Inkuiri untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik, diajukan saran dari peneliti sebagai berikut:

1. Pembelajaran dengan menggunakan LKPD berbantuan aplikasi *Phyphox* dalam model IBL untuk menstimulus kemampuan berpikir kritis sebaiknya dilaksanakan secara berkelanjutan sebagai pembiasaan bagi peserta didik agar memperoleh hasil yang maksimal.
2. Penerapan LKPD ini sangat efektif untuk melatih keterampilan berpikir kritis, tetapi harus dalam waktu yang cukup memadai, tidak hanya dalam 1 minggu atau 1 bulan saja untuk dapat melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriantoni, S. (2016). *Kurikulum dan Pembelajaran*. Jakarta: PT Rajagrafindo Persada.
- Agustia, Z., Yennita, Y., Azizahwati, A., & Rahmad, M. (2019). The Development of Hands-on Activities Learning for Improving Student Critical Thinking Skills. In *Proceedings of the UR International Conference on Educational Sciences* (pp. 501-509).
- Ali, A., Bektiarso, S., Walukow, A. F., Narulita, E., & Kadir, A. (2025). Strengthening Critical Thinking Skills of Prospective Teacher Students through Inquiry Learning in Science Learning : An Explanatory Mixed Methods Study. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(6), 119–129.
- Ambrosis, A. De, Malgieri, M., Mascheretti, P., & Onorato, P. (2015). Investigating the Role of Sliding Friction in Rolling Motion: A Teaching Sequence Based on Experiments and Simulations. *European Journal of Physics*, 36(3), 1–21.
- Amrullah, M. F., Suyatna, A., & Wicaksono, B. A. (2025). The Effect of Guided Inquiry Learning with Phyphox on Students ' Science Process Skills and Learning Interest in Collision Topics. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi (JPFT)*, 11(1), 67–74.
- Anderson, T., & Soden, R. (2001). Peer Interaction and the Learning of Critical Thinking Skills. *Psychology Learning and Teaching*, 1(1), 37–40.
- Andini, R. (2022). Identifikasi Hambatan Pelaksanaan Praktikum Fisika dan Alternatif Solusinya di SMA Negeri 1 Pundong. *Seminar Nasional Hasil Pelaksanaan Program Pengenalan Lapangan Persekolahan*, 373–381.
- Antonio, R. P., & Prudente, M. S. (2024). Effects of Inquiry-Based Approaches on Students' Higher -Order Thinking Skills in Science : A Meta-Analysis. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST)*, 12(1), 251–281.
- Ardiyanti, F., & Winarti. (2013). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Fenomena untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Kaunia Jurnal Sains Dan Teknologi*, 9(2), 27–33.
- Arifin, Z., Sukarmin, Saputro, S., & Kamari, A. (2025). The Effect of Inquiry-based Learning on Students' Critical Thinking Skills in Science Education : A Systematic Review and Meta-analysis. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(3), 1–24.

- Ariyansah, D., Hakim, L., & Sulistyowati, R. (2021). Pengembangan e-LKPD Praktikum Fisika pada Materi Gerak Harmonik Sederhana Berbantuan Aplikasi Phyphox untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 12(2), 173–181.
- Asyhari, A., Wati, W., Irwandani, & Saidah, N. U. (2016). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik IPA Terpadu Berbasis Inkuiri Terbimbing Terintegrasi Pendidikan Karakter melalui Four Steps Teaching Material Development. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 37–58.
- Balram, R. (2017). Pengaruh Metode Praktikum Disertai Feedback terhadap Hasil Belajar dan Respon Siswa Kelas X Pada Materi Larutan. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Khatulistiwa*, 6(6), 1–12.
- Batong, J. S. T., & Wilujeng, I. (2018). Developing Web-Students' Worksheet Based on Inquiry Training for Increase Science Literacy. *Journal of Physics: Conference Series*, 1097(1).
- Bayram, Z., Oskay, Ö. Ö., Erdem, E., Özgür, S. D., & Şen, Ş. (2013). Effect of Inquiry based Learning Method on Students' Motivation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 106, 988–996.
- Bembich, C., & Bologna, V. (2025). Recognising Patterns of Authentic Inquiry-based Approach to Foster Children's Scientific Reasoning Process. *Frontiers in Education*, 10, 1–11.
- Boimau, I., Boimau, A. Y., & Liu, W. (2021). Eksperimen Gerak Jatuh Bebas Berbasis Smartphone Menggunakan Aplikasi Phyphox. *Seminar Nasional Ilmu Fisika Dan Terapannya*, 10(07), 67–75.
- Budiastuti, D., & Bandur, A. (2018). Validitas dan Reliabilitas Penelitian. In *Jakarta: Mitra Wacana Media*.
- Bunyahmin. (2021). *Belajar dan Pembelajaran*. UHAMKA PRESS.
- Carracedo, J. M. C. (2025). Inquiry-Based Learning in Phonetics and Phonology : Promotion of Critical Thinking Skills in an EFL Higher Education Context. *International Journal of Instruction*, 18(1), 1–22.
- Cholilah, M., Tatuwo, A. G. P., Komariah, Rosdiana, S. P., & Fatirul, A. N. (2023). Pengembangan Kurikulum Merdeka dalam Satuan Pendidikan serta Implementasi Kurikulum Merdeka pada Pembelajaran Abad 21. *Sanskara Pendidikan Dan Pengajaran*, 1(02), 56–67.
- Chukwuyenum, A. N. (2013). Impact of Critical Thinking on Performance in Mathematics among Senior Secondary School Students in Lagos State. *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSRJRME)*, 3(5), 18–25.
- Creswell, J. W. (2022). *A Concise Introduction to Mixed Methods Research* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Damayanti, D. S., Ngazizah, N., & Setyadi K, E. (2013). Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) dengan Pendekatan Inkuiri Terbimbing untuk Mengoptimalkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Listrik Dinamis SMA Negeri 3 Purworejo Kelas X Tahun Pelajaran 2012/2013. *Radiasi*, 3(1), 58–62.

- Dasriyani, Y., Hufri, & Yohandri. (2015). Pembuatan Set Eksperimen Gerak Jatuh Bebas Berbasis Mikrokontroler dengan Tampilan PC. *Pillar Of Physics*, 5, 89–96.
- Departemen Pendidikan Nasional. (2008). Panduan Pengembangan Bahan Ajar dan Media. *Jakarta: Depdiknas*.
- Devi, R. M., Budiarmo, A. S., & Wahyuni, S. (2022). Pengembangan E-LKPD Berbasis Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP. *Jurnal Eduscience*, 9(2), 405–417.
- Duran, M., & Dökme, İ. (2016). The Effect of the Inquiry-based Learning Approach on Student's Critical-thinking Skills. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(12), 2887–2908.
- Efendi, N., Tinara, D. T., Irawati, S. O., & Zulfa, N. I. (2024). Application of the Guided Inquiry Learning Model to Improve Students' Critical Thinking Skills in Natural Science Subjects. *Proceeding International Symposium on Global Education, Psychology, and Cultural Synergy*, 1(1), 1–10.
- Facione, P. A. (2015). Critical Thinking : What It Is and Why It Counts. In *Insight assessment* (Issue ISBN 13: 978-1-891557-07-1.).
- Firdaus, M., & Wilujeng, I. (2018). Pengembangan LKPD Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Peserta Didik. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 4(1), 26–40.
- Götze, B., Heinke, H., Riese, J., Stampfer, C., & Kuhlen, S. (2017). Smartphone-Experimente zu Harmonischen Pendelschwingungen mit der App Phyphox. *Alte Seite-PhyDid B-Didaktik Der Physik-Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung*, 233–239. www.phyphox.org
- Gulo, G. I., Pardede, H., & Sitorus, P. (2024). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Mata pelajaran Fisika Kelas XI SMA Berbasis Phyphox. *Indonesian Research Journal on Education*, 4, 1371–1378.
- Gumay, O. P. U. (2021). Analisis Miskonsepsi Siswa Kelas X pada Materi Gerak. *Silampari Jurnal Pendidikan Ilmu Fisika*, 3(1), 58–69.
- Gurcay, D., & Ferah, H. O. (2018). High School Students' Critical Thinking Related to Their Metacognitive Self-regulation and Physics Self-efficacy Beliefs. *Journal of Education and Training Studies*, 6(4), 125.
- Haghparsat, M., Nasaruddin, F. H., & Abdullah, N. (2014). Cultivating Critical Thinking Through E-learning Environment and Tools: A Review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 129, 527–535.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement Versus Traditional Methods: A Six-thousand Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74.
- Hamdani, M., Prayitno, B. A., & Karyanto, P. (2019). Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Melalui Metode Eksperimen. *Proceeding Biology Education Conference*, 16(1), 139–145.
- Hariroh, L., Hidayat, A., Sutopo, & Purwaningsih, E. (2024). Practice Rehearsal

- Pairs with Dynamic Video Media : Improving Students' Kinematics Graph Interpretation Skills. *Momentum: Physics Education Journal*, 8(2), 230–238.
- Heidarie, A., Poor, S. B., & Poor, F. N. (2011). Effects and Evaluation of Creativity Instructional Methods on Creativity of Students. *Life Science Journal*, 8(4), 402–408.
- Herlina, P., Hamdu, G., & Nugraha, A. (2023). Elektronik Lembar Kerja Peserta Didik (e-LKPD) Interaktif Berbasis Education for Sustainable Development (ESD) Di SD. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 8(2), 504–513.
- Hoe, V., Hoe, A. Van, Wiebe, J., Rotsaert, T., & Schellens, T. (2024). The Implementation of Peer Assessment as a Scaffold During Computer-supported Collaborative Inquiry Learning in Secondary STEM Education. *International Journal of STEM Education*, 11(3), 1–21.
- Indarta, Y., Jalinus, N., Waskito, W., Samala, A. D., Riyanda, A. R., & Adi, N. H. (2022). Relevansi Kurikulum Merdeka Belajar dengan Model Pembelajaran Abad 21 dalam Perkembangan Era Society 5.0. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(2), 3011–3024.
- Indawati, H., Sarwanto, & Sukarmin. (2023). The Effect of Guided Inquiry Models and Open Inquiry of Wave and Sound Vibration Materials on Critical Thinking Ability in terms of Science Process Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(1), 42–47.
- Irfan, M., Islamiati, N., & Aidin. (2023). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa dengan Menggunakan Model Pembelajaran Inquiry Based Learning. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 6(4), 3526–3534.
- Islamiah, M., Rostati, R., & Neneng Triyunita. (2023). Pengembangan Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas Menggunakan Phyphox Berbasis Smartphone untuk Siswa Kelas X. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(3), 887–892.
- Kartono. (2010). Hands on Activity pada Pembelajaran Geometri Sekolah sebagai Asesmen Kinerja Siswa. *Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, 1(1), 21–32.
- Kauwo, C. J., Londa, T. K., & Komansilan, A. (2022). Efektivitas Phyphox sebagai Media Pembelajaran pada Eksperimen Gerak Jatuh Bebas. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 3(3), 158–162.
- Kittiravechote, A., & Sujarittham, T. (2021). Comparison of Experts and Novices in Determining the Gravitational Acceleration using Mobile Phone with Phyphox Application. *29th International Conference on Computers in Education Conference, ICCE 2021 - Proceedings*, 1, 381–386.
- Kristiyani, Y., Sesunan, F., & Wahyudi, I. (2020). Pengaruh Aplikasi Sensor Smartphone pada Pembelajaran Simple Harmonic Motion Berbasis Inkuiri Terbimbing Terhadap Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(2), 138.
- Kuang, X., Eysink, T. H. S., & Jong, T. de. (2023). Presenting Domain Information or Self-exploration to Foster Hypothesis Generation in Simulation-based Inquiry Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 61(1), 70–102.

- Kuang, X., Eysink, T. H. S., & Jong, T. De. (2022). Effects of Providing Domain Information on Facilitating Hypothesis Generation in Inquiry Learning. *The Journal of Educational Research*, 115(5), 285–297.
- Lasmawan, I. W., & Budiarta, I. W. (2020). Vygotsky's Zone of Proximal Development and The Students' Progress in Learning (A Heutagogical Bibliographical Review). *JPI Jurnal Pendidikan Indonesia*, 9(4), 545–552.
- Leekhot, K., Payougkiattikun, W., & Thongsuk, T. (2024). The Results of Inquiry-based Learning Management on Critical Thinking and Academic Achievement of Grade-8 Students. *Integrated Science Education Journal*, 5(3), 161–167.
- Lintangesukmanjaya, R. T., Iswardani, A., & Prahani, B. K. (2025). Improving Critical Thinking Skills of High School Students in Physics Learning with Smartphone-simulation Assisted Inquiry Model. *Journal of Digitalization in Physics Education*, 1(2), 1–13.
- Lukman, M. A., Daniati, E., & Wardani, A. S. (2025). Usability Evaluation of the SiCanTiK E-Learning Platform Using SUS and USE Questionnaire Methods. *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, 7(3), 791–799.
- Madiniah, S., & Noviar, D. (2016). Model Guided Inquiry Berbasis Scientific Approach dalam Pembelajaran IPA Biologi Siswa SMP N 14 Yogyakarta. *Holistik: Journal For Islamic Social Sciences*, 1(1), 26–35.
- Mareti, J. W., & Hadiyanti, A. H. D. (2021). Model Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar IPA Siswa. *Jurnal Elementaria Edukasia*, 4(1), 31–41.
- Maryani, Jalal, F., & Sumantri, M. S. (2023). Video-Assisted Inquiry Learning in Science Lessons and Implementation to Enhance Students' Critical Thinking Abilities in Elementary School. *International Journal of Social Science Research and Review*, 6(3), 133–146.
- Masitoh, I. D., Marjono, & Ariyanto, J. (2017). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas X MIA pada Materi Pencemaran Lingkungan di Surakarta. *BIOEDUKASI*, 10(1), 71–79.
- Mediana Jr., N. L., Funa, A. A., & Dio, R. V. (2025). Effectiveness of Inquiry-based Learning (IbL) on Improving Students' Conceptual Understanding in Science and Mathematics : A Meta-Analysis. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 13(2), 532–552.
- Morris, D. L. (2025). Rethinking Science Education Practices : Shifting from Investigation-centric to Comprehensive Inquiry-based Instruction. *Education Sciences*, 15(1), 73.
- Muslimah. (2020). Pentingnya LKPD pada Pendekatan Scientific Pembelajaran Matematika. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 3(3), 1471–1479.
- Naslim, Aimin, M., Hidayat, M. J. N., Natasya, & Sailellah, M. T. W. (2022).

- Gerak Menggelinding. *Jurnal Fisika Dan Terapannya*, IV, 1–9.
- Nora, N., Hakim, L., & Sulistyowati, R. (2022). Pengembangan e-LKPD Eksperimen Berbasis Inkuiri Terbimbing Berbantuan Phyphox untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya (JIFP)*, 6(1), 20–27.
- OECD. (2017). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving* (Revised). OECD Publishing.
- Palincsar, A. S. (1998). Social Constructivist Perspectives on Teaching and Learning. *Annual Review of Psychology*, 49(1), 345–375.
- Pamungkas, C. A. (2021). Analisis Miskonsepsi Materi Gaya dan Gerak di MI Unggulan Masjid Besar Jabalul Khoir Purwodadi. In *Universitas Muhammadiyah Surakarta* (Issue 17).
- Panuluh, A. H. (2021). Dinamika Rotasi. *Modul Belajar Mandiri*, 57–79.
- Pareken, M., Patandean, A. J., & Palloan, P. (2015). Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Fenomena Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas X SMA Negeri 2 Rantepao Kabupaten Toraja Utara. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, 11, 214–221.
- Payong, M. R. (2020). Zona Perkembangan Proksimal dan Pendidikan Berbasis Konstruktivisme Sosial Menurut Lev Semyonovich Vygotsky. *JKPM: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan Missio*, 12(2), 164–178.
- Pedaste, M., Baucal, A., & Reisenbuk, E. (2021). Towards a Science Inquiry Test in Primary Education : Development of Items and Scales. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 11.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., Jong, T. De, Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of Inquiry-based Learning : Definitions and the Inquiry Cycle. *Educational Research Review Journal*, 14, 47–61.
- Perdani, W. S. R., Santosa, S., & Ramli, M. (2019). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA dengan Model Inkuiri pada Materi Sistem Indera. *Bio-Pedagogi: Jurnal Pembelajaran Biologi*, 8(2), 52–55.
- Pierratos, T., & Polatoglou, H. M. (2020). Utilizing the Phyphox App for Measuring Kinematics Variables with a Smartphone. *Physics Education*, 55(2), 1–8.
- Presnillo, J., & Aliazas, J. V. (2024). Inquiry-Based Learning for an Enhanced Students' Engagement and Critical Thinking Skills in Biology. *IJSART*, 10(3), 794–807.
- Prince, M., & Felder, R. (2007). The Many Faces of Inductive Teaching and Learning. *Journal of College Science Teaching*, 36(5), 14–20.
- Putri, R. D., Yuanita, P., & Kartini. (2024). Analisis Indikator Berpikir Kritis Matematis pada Soal Matematika Pisa Konten Data dan Ketidakpastian. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika*, 2, 228–239.
- Putri, W. A. S., Hakim, L., & Sulistyowati, R. (2022). Pengembangan e-LKPD

- Materi Efek Doppler Berbasis Inkuiri Terbimbing Berbantuan Aplikasi Phyphox untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika. *ORBITA: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 8(1), 15.
- Rahmawati, I., Sutopo, & Zulaikah, S. (2016). Identifikasi Kesulitan Mahasiswa Pada Materi Dinamika Rotasi. In *Prosiding Semnas Pendidikan IPA Pascasarjana UM* (Vol. 1, pp. 284–293).
- Rapi, N. K., Sujanem, R., Putu, L. P. B., & Setemen, K. (2025). Science Process Skills and Critical Thinking Skills in Inquiry-based Learning Model with Project-based Assessment. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 8(2), 938–946.
- Repke, L., Birkenmaier, L., & Lechner, C. M. (2024). Validity in Survey Research – From Research Design to Measurement Instruments. *Mannheim: GESIS – Leibniz-Institute for the Social Sciences*, 1(1–23).
- Rifaldi, A. R., Mahardika, I. K., Subiki, S., Rahayu, E. C., Farika, N., & Afni, L. N. (2022). Analisis Miskonsepsi Fisika SMA pada Materi Gerak Jatuh Bebas Menggunakan Metode CRI. *Jurnal Phi Jenis*, 3(3), 11–18.
- Safitri, R., Jumadi, & Simamora, N. N. (2024). Development of Guided Inquiry-Based Physics e-LKPD to Improve Students' Critical Thinking Abilities. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 9(3), 353–367.
- Sahlan, Hikmatiar, H., & Amin, C. N. (2025). Pengembangan LKPD Berbasis STEM Berbantuan Phyphox pada Materi Gerak Melingkar untuk Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) FKIP UM Metro*, 13(2), 175–191.
- Salamah, Aprianti, D., Pramudyo, A., & Novianto, V. (2023). Improving Critical Thinking Skills and Learning Outcomes through the Implementation of the Inquiry Learning Model in Social Studies. *Research and Innovation in Social Science Education Journal*, 1(2), 47–53.
- Sapriati, A., Rahayu, U., Sausan, I., Sekarwinahyu, M., & Anam, R. S. (2024). The Impact of Inquiry-based Learning on Students' Critical Thinking in Biology Education Programs within Open and Distance Learning Systems. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 13(3), 367–376.
- Sari, D. V. P. M., Aini, K., Syarifah, Damayanti, F., Handayani, T., & Nurokhman, A. (2021). Review: Berpikir Kritis Pada Peserta Didik. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, 5(1), 104–111.
- Sari, M. I. P., Kuswanto, H., & Khafid, M. A. (2022). Analysis of Use of Phyphox Applications for Physics Practicums Using Smartphones on Collision Material. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 13(2), 156–165.
- Sari, N. M., & Eurika, N. (2016). Penerapan Model Pembelajaran Group Investigation untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Biologi Dan Pembelajaran Biologi*, 1(1), 29–41.
- Sari, V. K., Jalmo, T., & Suyatna, A. (2025). Development of Differentiated Student Worksheets (LKPD) Oriented Towards Inquiry-based Learning to Improve Critical Thinking Skills of High School Students on The Subject of

- The Human Digestive System. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(11), 286–298.
- Sarwanto, Fajari, L. E. W., & Chumdari. (2021). Critical Thinking Skills and Their Impacts on Elementary School Students. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, 2(2), 161–187.
- Sati, & Mutmainnah, I. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Inkuiri untuk Meningkatkan Sikap Ilmiah Peserta Didik Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 7(1), 1041–1051.
- Setyawan, H. (2019). Dinamika Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar. *Direktorat Pembinaan SMA - Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan*, 46.
- Siantuba, J., Nkhata, L., & Jong, T. De. (2023). The Impact of an Online Inquiry-based Learning Environment Addressing Misconceptions on Students' Performance. *Smart Learning Environments*, 10(1), 22.
- Strat, T. T. S., Henriksen, E. K., & Jegstad, K. M. (2023). Studies in Science Education Inquiry-based Science Education in Science Teacher Education : A Systematic Review. *Studies in Science Education*, 60(2), 191–249.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. ALFABETA, CV.
- Suoth, S., Silangen, P., & Rende, J. (2023). Pembelajaran Fisika Berbasis Praktikum Phypox Menggunakan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(1), 26–30.
- Supriadi, G. (2021). *Statistik Penelitian pendidikan*. UNY Press.
- Sutiani, A., Situmorang, M., & Silalahi, A. (2021). Implementation of an Inquiry Learning Model with Science Literacy to Improve Student Critical Thinking Skills. *International Journal of Instruction*, 14(2), 117–138.
- Toyyib. (2022). Pemanfaatan Smartphone Berbasis Aplikasi Phypox Untuk Mengukur Keterampilan Proses Sains Siswa Pada Percobaan Fisika Sedehana. *Jurnal Guru Inovatif*, 103–114.
- Umbaryati, U. (2016). Pentingnya LKPD pada Pendekatan Scientific Pembelajaran Matematika. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 217–225.
- Urbani, J., Roshandel, S., Michaels, R., & Truesdell, E. (2017). Developing and Modeling 21st-Century Skills with Preservice Teachers. *Teacher Education Quarterly*, 44(4), 27–50.
- Utami, S. D., Dewi, I. N., & Efendi, I. (2021). Tingkat Keterbacaan Bahan Ajar Flexible Learning Berbasis Kolaboratif Saintifik. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 9(2), 577–587.
- Vartak, R., Ronad, A., & Ghanekar, V. (2013). Enzyme Assay: An Investigative Approach to Enhance Science Process Skills. *Journal of Biological Education*, 47(4), 253–257.
- Vygotsky, L. S. (1986). Concrete Human Psychology. *Soviet Psychology*, 24(3), 53–77.

- Wahyudi, I., Ashra, V. A., & Suyanto, E. (2022). The Effect of Phyphox Application Assistant Guided Inquiries on Ability Student Creative Thinking. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 13(1), 1–12.
- Wahyuni, M. E., Sulisworo, D., & Ishafit. (2020). The Utilization of Sensors on Smartphone to Determine the Coefficient of Kinetic Friction with the Inclined Plane in Supporting Physics Learning. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(5), 5345–5352.
- Wahyuni, S., Nurpatri, Y., Festiyed, Yermadesi, Herberida, H., & Adha, Y. (2025). The Development of Inquiry-based LKPD to Enhance Critical Thinking Skills in Science learning at Elementary Schools. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(3), 124–130.
- Wale, B. D., & Bishaw, K. S. (2020). Effects of Using Inquiry-based Learning on EFL Students' Critical Thinking Skills. *Asian-Pacific Journal of Second and Foreign Language Education*, 5(9), 1–14.
- Walid, I. H. B. I., & Umar, M. F. Bin. (2022). Development of a Free Fall Motion Experiment-based on Smartphone using Phyphox application. *Journal of Physics: Conference Series*, 2309(1).
- Wibowo, S., Wangid, M. N., & Firdaus, F. M. (2025). The Relevance of Vygotsky's Constructivism Learning Theory with the Differentiated Learning Primary Schools. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 19(1), 431–440.
- Yasaroh, S., Kuswanto, H., Ramadhanti, D., Azalia, A., & Hestiana, H. (2021). Utilization of the Phyphox Application (Physical Phone Experiment) to Calculate the Moment of Inertia of Hollow Cylinders. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 10(2), 231–240.
- Yasmini, L. P. B., Rachmawati, D. O., Gunadi, I. G. A., & Arjana, I. G. (2021). Pemanfaatan Smartphone Dan App Phyphox Untuk Percobaan Fisika Bagi Guru Kelas X Di Sma Negeri 2 Singaraja. *Jurusan Fisika Dan Pengajaran IPA*, 571–578.
- Yulianti, D., A., L. M., & Yulianto, A. (2010). Penerapan Jigsaw Puzzle Competition dalam Pembelajaran Kontekstual untuk Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar Fisika Siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 6(2010), 84–89.
- Yustitia, V., Kusmaharti, D., Anggraini, M., & Pattiasina, P. J. (2023). Process-oriented Guided-inquiry Learning Model and Critical Thinking Ability of Elementary School Students. *Jurnal Pendidikan Dan Pengajaran*, 56(1), 207–216.
- Yusuf, R. R., Abdjul, T., & Payu, C. S. (2023). Validitas, Kepraktisan, dan Efektivitas Bahan Ajar Berbantuan Google Sites pada Materi Getaran, Gelombang, dan Bunyi. *Ideas: Jurnal Pendidikan, Sosial, Dan Budaya*, 9(1), 199–208.
- Zidatunnur, S. F., & Rusilowati, A. (2021). Keterbacaan dan Kepraktisan Bahan Ajar Digital Gerak Melingkar Berbantuan Scratch Berbasis STEM untuk Mahasiswa. *Unnes Physics Education Journal*, 10(2), 131–138.