

PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS STEM BERBANTUAN PHYPHOX PADA MATERI GERAK MELINGKAR UNTUK PENINGKATAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS

Sahlan*, Hamzarudin Hikmatiar., Chintia N. Amin

Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Maumere

Email: syahlanfairuz@gmail.com

Diterima: 3 Juli 2025. Direvisi: 15 September 2025. Disetujui: 30 September 2025.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menghasilkan Lembar Kegiatan Peserta Didik berbasis Pendekatan Sains Technology Engineering and Mathematics berbantuan aplikasi phyphox pada materi gerak melingkar agar dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (R&D) dengan model ADDIE. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Populasi penelitian ini adalah peserta didik kelas XI di SMA Muhammadiyah Maumere. Sampel penelitian diambil secara purposive, sampel berjumlah 25 orang. Teknik pengumpulan data melalui tes kemampuan berpikir kritis melalui tes soal essay.

Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif dan uji N-Gain. Penelitian ini menghasilkan produk bahan ajar berupa LKPD yang dinyatakan valid berdasarkan penilaian oleh ahli dengan rata-rata ahli materi 92% (sangat layak) dan ahli media 87% (sangat layak). LKPD dinyatakan efektif digunakan berdasarkan hasil pretest dan posttest kemampuan berpikir kritis siswa melalui uji N-gain sebesar 0,54 dengan kriteria sedang. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa produk memperoleh penilaian valid dan efektif digunakan dalam pembelajaran fisika di Tingkat SMA.

Kata Kunci: STEM; Berpikir kritis; Aplikasi Phyphox; LKPD.

Abstract

This study aims to design and produce Student Activity Sheets based on the Science Technology Engineering and Mathematics Approach assisted by the phyphox application on circular motion material in order to improve the critical thinking skills of high school students. This research is a development research (R&D) with the ADDIE model. This research uses a quantitative approach. The population of this study were students of class XI at SMA Muhammadiyah Maumere. The research sample was taken purposively, the sample numbered 25 people. The data collection technique was through a critical thinking ability test through an essay test.

The data analysis techniques used are descriptive analysis and N-Gain test. This study produced a teaching material product in the form of LKPD which was declared valid based on expert assessment with an average of 92% material experts (very feasible) and 87% media experts (very feasible). LKPD is declared effective to use based on the results of the pretest and posttest of students' critical thinking skills through the N-gain test of 0.54 with moderate

criteria. Based on the research results, it can be concluded that the product received a valid and effective assessment for use in physics learning at the high school level.

Keywords: STEM; Critical thinking; Phyphox Apps; LKPD

PENDAHULUAN

Pendidikan di era digital menuntut adanya inovasi dalam pengembangan materi pembelajaran (Hasriadi, 2022) (Utomo, 2023) (Anggraeni, 2020). STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) menjadi fokus utama dalam kurikulum pendidikan karena mencakup keterampilan yang relevan dengan kebutuhan industri dan masyarakat saat ini (Viviyanti, 2023) (Mu'Minah & Aripin, 2019).

Pendidikan STEM sebagai pengajaran dan pembelajaran di bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika, yang mencakup kegiatan pendidikan di semua tingkatan kelas baik dalam suasana formal maupun informal (Gardner et al., 2019). Selain itu, berdasarkan Laporan Satuan Tugas STEM tahun 2014 di Amerika Serikat, pembelajaran berbasis masalah di dunia nyata yang mengintegrasikan disiplin ilmu STEM melalui pembelajaran aktif merupakan

cakupan dari pendidikan STEM (Erdogan & Stuessy, 2015).

Salah satu materi yang penting dalam STEM adalah gerak melingkar. Namun, pembelajaran gerak melingkar seringkali dihadapkan pada tantangan dalam memahami konsep secara menyeluruh dan pengembangan keterampilan berpikir kritis di antara siswa.

Berpikir kritis menurut Facione dalam (Septiningrum et al, 2021) menyebutkan bahwa indikator berpikir kritis yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inference, eksplanasi dan self-regulation atau pengaturan diri. Selain itu, menurut (Hidayah, N. et al., 2024) bahwa berpikir kritis merupakan keterampilan esensial dalam pendidikan abad ke-21, memungkinkan siswa untuk menganalisis informasi, memecahkan masalah, dan membuat keputusan yang tepat. Kemampuan ini menjadi semakin penting di era digital, di mana peserta didik dihadapkan pada

berbagai informasi yang memerlukan evaluasi kritis.

Pengembangan kemampuan berpikir kritis pada peserta didik memerlukan pendekatan pembelajaran yang inovatif dan integratif, memanfaatkan berbagai strategi seperti PBL, RADEC, TPACK berbasis inquiry, serta pemanfaatan media digital (Tawil, 2023).

Salah satu metode untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa yaitu penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dalam pembelajaran. Hal ini, sesuai dengan hasil penelitian oleh Muslimin dan Purwaningsih menunjukkan bahwa penggunaan LKPD berbasis PBL dalam pembelajaran fisika memiliki effect size sebesar 2,1, yang dikategorikan tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa hingga 90% (Muslimin, M., & Purwaningsih, 2023).

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) adalah perangkat pembelajaran yang dirancang untuk membimbing siswa dalam memahami konsep melalui aktivitas terstruktur

(Alma, W. et al., 2023). Dalam konteks pembelajaran fisika, LKPD berperan penting dalam mengarahkan siswa untuk melakukan eksperimen, analisis data, dan pemecahan masalah secara mandiri maupun kelompok. Hal ini sejalan dengan pendekatan pembelajaran aktif yang menekankan partisipasi siswa dalam proses belajar.

Oleh karena itu, pengembangan LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik) berbasis STEM dengan memanfaatkan aplikasi Phyphox memiliki potensi besar untuk meningkatkan pemahaman konsep gerak melingkar dan keterampilan berpikir kritis. Phyphox adalah aplikasi yang memanfaatkan sensor ponsel pintar untuk mengukur dan menganalisis berbagai fenomena fisika, termasuk gerak melingkar (Pierratos, T. & Polatoglou, 2020; Sahlan & Widodo, 2021). Sehingga dalam penelitian ini menggunakan teknologi berupa aplikasi Phyphox untuk menganalisis objek penelitian. Aplikasi Phyphox merupakan aplikasi yang dibuat untuk membantu eksperimen dalam pembelajaran fisika (Stacks et al., 2018) (Carroll & Lincoln, 2020).

Inovasi baru yang akan diterapkan dalam penelitian ini yaitu pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis STEM berbantuan aplikasi Phyphox. Penelitian ini mengusung pendekatan yang unik dengan mengintegrasikan STEM, Phyphox, dan LKPD dalam pembelajaran fisika materi Gerak Melingkar. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Eliansi et al., (2023) yaitu mengintegrasikan LKPD berbasis STEM berbantuan PhET simulasi dalam pembelajaran fisika materi listrik dinamis (Eliansi et al, 2023). Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh (Margaretha et al., 2024) mengintegrasikan E-LKPD berbasis STEM berbantuan video animasi dalam pembelajaran matematika. Dalam penelitian ini, akan mengeksplorasi potensi sinergi antara STEM, Phyphox, dan LKPD dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi gerak melingkar. Penggunaan aplikasi phyphox pada pembelajaran fisika dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa (Kristiyani, Y. et al, 2020).

Pendekatan ini tidak hanya mengkontekstualisasikan pembelajaran tetapi juga memberdayakan siswa untuk terlibat dalam kegiatan eksperimental secara mandiri. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menghasilkan Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) berbasis Pendekatan Sains Technology Engineering and Mathematics (STEM) berbantuan aplikasi phyphox pada materi gerak melingkar agar dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA.

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, maka permasalahan yang akan diteliti yaitu bagaimana mengembangkan LKPD berbasis STEM berbantuan aplikasi phyphox pada materi gerak melingkar untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa SMA.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*). Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Selanjutnya, kerangka model yang digunakan dalam penelitian ini adalah

model ADDIE terdiri dari tahapan-tahapan yaitu (1) *analyse* (analisis); (2) *design* (perancangan); (3) *develop* (pengembangan); (4) *implement* (penerapan) dan (5) *evaluate* (penilaian). Model ini digunakan untuk mengembangkan dan menguji efektivitas perangkat pembelajaran fisika berbasis STEM dengan dukungan aplikasi phyphox pada materi gerak melingkar. Populasi penelitian ini adalah peserta didik kelas XI di sekolah menengah atas. Sampel penelitian diambil secara *purposive*, dengan memilih satu kelas sebagai tempat implementasi perangkat pembelajaran. Peserta didik kelas XI yang terlibat dalam uji coba perangkat pembelajaran menjadi subjek penelitian berjumlah 25 orang.

Tahap *analyse* (analisis) merupakan tahapan yang bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan, karakteristik siswa, dan kondisi pembelajaran saat ini. Tahap ini peneliti melakukan empat analisis, yaitu analisis kebutuhan, analisis kurikulum, analisis karakter siswa dan analisis teknologi. Peneliti melakukan survei dan wawancara kepada siswa dan guru berkaitan dengan tingkat

pemahaman terhadap materi gerak melingkar dan kurangnya penggunaan media pembelajaran berbasis STEM. Selain itu, berkaitan dengan penerapan kurikulum fisika di sekolah dan kelayakan dan kemudahan penggunaan aplikasi *phyphox* dalam kegiatan pembelajaran.

Tahap *design* (perancangan) merupakan tahapan yang bertujuan untuk merancang kerangka dan isi LKPD berbasis STEM yang memanfaatkan aplikasi *phyphox*. Tahapan yang dilakukan peneliti yaitu menentukan struktur LKPD berdasarkan sintak pembelajaran STEM, merancang kegiatan eksperimen menggunakan aplikasi *phyphox* untuk mendeteksi dan menganalisis gerak melingkar, serta menyusun instrumen penilaian keterampilan berpikir kritis.

Tahap *develop* (pengembangan) merupakan tahapan yang bertujuan untuk membuat dan memvalidasi produk LKPD. Peneliti mengembangkan draft awal LKPD berdasarkan desain. Selanjutnya, Uji validasi bertujuan untuk mengetahui tingkat kevalidan produk yang dikembangkan. Untuk mengetahui

tingkat kevalidan LKPD berbasis STEM berbantuan aplikasi *phyphox* pada materi gerak melingkar yaitu dengan proses validasi oleh 2 validator ahli media dan 2 validator ahli materi.

Validator ahli media adalah dosen Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Maumere dan dosen Teknik Informatika Universitas Tadulako, sedangkan validator ahli materi merupakan dosen Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah

Maumere. Kegiatan uji validasi dilakukan dengan pengisian angket validasi. Jenis data yang diperoleh pada angket validasi ini adalah data kualitatif berupa komentar dan saran dari validator serta berupa data kuantitatif yaitu skor penilaian dari validator. Adapun angket validasi LKPD ini menggunakan skor angket dengan skala 1 sampai 5 seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Skor Penilaian lembar validasi ahli

Pernyataan	Skor
Sangat baik	4
Baik	3
Cukup	2
Kurang	1

Skor dari validator ahli media maupun ahli materi tersebut dijumlahkan dan dianalisis dengan rumus dari (Alma, W., Putri, S., Hakim, L., & Sulistyowati, 2023):

$$P(\%) = \frac{x}{y} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

P = Persentase nilai validitas produk

x = Jumlah skor yang diperoleh

Y = Jumlah skor maksimum

Persentase nilai validitas produk yang diperoleh dari semua validator ahli media atau ahli materi dikonversi ke dalam Tabel 2 kriteria penilaian validitas dari (Amelia, 2024).

Tabel 2. Kriteria validasi produk

Interval (%)	Kriteria
81-100	Sangat layak
61-80	Layak
41-60	Cukup Layak
21-40	Kurang Layak
0-20	Tidak layak

Tahap *implement* (penerapan) merupakan tahapan yang bertujuan untuk menguji coba LKPD pada siswa secara terbatas. Peneliti sebelum melakukan uji coba penggunaan LKPD dalam pembelajaran, terlebih dahulu dilakukan *pretest* kemampuan berpikir kritis melalui tes soal uraian. Selanjutnya, menerapkan pembelajaran fisika di kelas menggunakan LKPD, siswa dapat melakukan eksperimen gerak melingkar dengan bantuan aplikasi *phyphox* dan melaporkan hasil. Pada akhir pertemuan dilanjutkan dengan *posttest*.

Tahap *evaluate* (penilaian) merupakan tahapan menilai kevalidan dan kepraktisan penggunaan LKPD dalam pembelajaran fisika di sekolah.

Evaluasi terdiri dari evaluasi formatif dan sumatif. Evaluasi formatif dilakukan pada tiap tahap sebelumnya untuk penyempurnaan produk. Evaluasi sumatif dilakukan untuk mengukur peningkatan keterampilan berpikir kritis menggunakan hasil *pretest* dan *posttest*.

Instrumen keefektifan LKPD ditinjau dari peningkatan atau tidaknya keterampilan berpikir kritis siswa. Efektivitas LKPD dapat dilakukan melalui pemberian soal *pretest* dan *posttest*. Kemudian perolehan skor dari soal tersebut digunakan untuk perhitungan nilai *N-gain* (*normalized gain*). Berikut kriteria skor keefektifan dapat diamati pada Tabel 3 (Hake, 1998).

Tabel 3. Kriteria Interpretasi Skor N-Gain

Skor <i>Gain</i>	Kategori
$g < 0,3$	rendah
$0,3 \leq g < 0,7$	sedang
$g \geq 0,7$	tinggi

Teknik analisis data yang digunakan untuk mengukur peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah menggunakan LKPD berbasis STEM dengan bantuan aplikasi *phyphox* dalam pembelajaran fisika

yaitu menggunakan uji *N-Gain*. Uji *N-gain* digunakan untuk membandingkan tes keterampilan berpikir kritis saat *pretest* dan *posttest* siswa sebelum dan sesudah

pembelajaran fisika menggunakan LKPD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk penelitian ini berupa LKPD berbasis STEM berbantuan aplikasi phyphox untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. LKPD memuat kegiatan diskusi dan percobaan sederhana yang terintegrasi dengan sains, teknologi, engineering, dan matematika. LKPD juga dikembangkan dengan memperhatikan aspek-aspek berpikir kritis, yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inference, eksplanasi dan self-regulation atau pengaturan diri.

Materi yang disusun di dalam LKPD yaitu gerak melingkar. Materi di dalam LKPD dibuat berdasarkan Capaian Pembelajaran (CP) dan Tujuan Pembelajaran (TP) Kurikulum Merdeka mata pelajaran fisika kelas XI SMA. Berikut penjelasan hasil penelitian berdasarkan desain penelitian R&D dengan model ADDIE yaitu analisis (analyse), desain (design), pengembangan (development), implementasi (implementation), dan evaluasi (evaluation).

Tahap analyse (analisis) awal peneliti menemukan informasi-informasi diantaranya, 1) kegiatan pembelajaran fisika selama pembelajaran luring maupun daring yaitu dilakukan dengan metode ceramah, praktikum, dan diskusi kelompok; 2) media yang digunakan dalam kegiatan pembelajaran luring maupun daring yaitu buku paket; 3) guru sudah menggunakan LKPD dalam pembelajaran fisika di kelas, namun LKPD yang digunakan hanya sebatas kumpulan soal-soal untuk dikerjakan siswa; 4) siswa sangat jarang melakukan praktikum di sekolah dikarenakan keterbatasan alat dan bahan praktikum; 5) siswa masih sulit memahami konsep gerak melingkar karena pembelajaran masih terfokus pada hafalan rumus dan siswa belum dibiasakan untuk mencari hubungan antar besaran-besaran pada materi gerak melingkar melalui aktivitas praktikum.

Tahap design (perancangan) LKPD berbasis STEM berbantuan aplikasi phyphox pada materi gerak melingkar yang didesain menggunakan Canva. LKPD ini dibuat dengan semenarik mungkin dengan memperhatikan

langkah-langkah STEM. Penyusunan LKPD didasarkan pada analisis materi, capaian pembelajaran, serta tujuan pembelajaran yang ingin dicapai. Soal evaluasi dalam LKPD dibuat dalam bentuk essay untuk mengetahui tingkat kemampuan berpikir kritis siswa. Evaluasi ini digunakan untuk mengevaluasi kemampuan siswa sebelum dan sesudah menggunakan LKPD Berbasis STEM dengan bantuan aplikasi phyphox. Format LKPD ini disesuaikan dengan langkah-langkah STEM berbantuan aplikasi phyphox. LKPD ini dicetak dengan menggunakan kertas ukuran F4 dan LKPD ini terdiri dari 18 halaman yang

terbagi menjadi bagian pendahuluan, isi, dan penutup.

Tahap develop (pengembangan) dilakukan uji validasi dan uji kepraktisan produk. Uji validasi ahli media oleh 2 orang validator yang berasal dari dosen Prodi Teknik Informatika Universitas Tadulako dan dosen Prodi Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Maumere. Angket untuk penilaian produk tersebut terdiri dari 3 aspek dan dijabarkan menjadi 14 pernyataan. Adapun hasil uji validasi yang diberikan oleh validator ahli media terhadap LKPD yang dikembangkan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Persentase Hasil Validasi Ahli Media

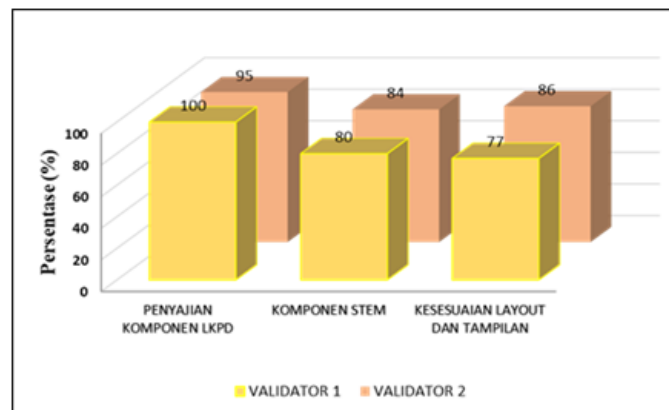
Indikator	Persentase Rata-rata (%)	Kriteria
Penyajian komponen LKPD	97.5	Sangat layak
Komponen STEM	82	Sangat layak
Kesesuaian Layout dan Tampilan Rata-rata	81.5	Sangat layak
	87	Sangat layak

Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa rata-rata persentase penilaian ahli media pada kategori “sangat layak”. Persentase tiap indikator penilaian oleh ahli media terhadap produk LKPD berbasis STEM berbantuan

aplikasi phyphox. Indikator penyajian komponen LKPD sebesar 97.5% dengan kategori sangat layak, indikator komponen STEM sebesar 82% dengan kategori sangat layak, dan indikator kesesuaian layout dan

tampilan dengan kategori sangat layak. Sehingga diperoleh rata-rata persentase indikator dari ahli media terhadap kelayakan media LKPD berbasis STEM berbantuan aplikasi phyphox pada materi gerak melingkar sebesar 87% dengan kategori “sangat layak” penetapan berdasarkan kriteria validasi produk pada Tabel 2. Menunjukkan bahwa media yang dikembangkan pada LKPD layak digunakan dalam pembelajaran fisika. Hasil tersebut sesuai dengan hasil

penelitian (Fitriyah, L., & Madlazim, 2021) menyatakan bahwa hasil validasi yang menunjukkan bahwa LKPD berbasis STEM yang dikembangkan memperoleh kategori sangat layak pada aspek kelayakan isi, tampilan, dan keterpaduan dengan pendekatan STEM, sehingga dapat digunakan dalam pembelajaran fisika. Hasil validasi dari ahli media ditampilkan dalam bentuk diagram batang pada Gambar 1.



Gambar 1. Persentase Rata-Rata Hasil Validasi Ahli Media

Selanjutnya, uji validasi ahli materi oleh 2 orang validator berasal dari dosen Prodi Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Maumere. Angket untuk penilaian produk tersebut terdiri dari 3 aspek dan dijabarkan menjadi 17 pernyataan. Adapun hasil uji validasi yang diberikan oleh validator ahli materi

terhadap LKPD yang dikembangkan dapat dilihat pada Tabel 5.

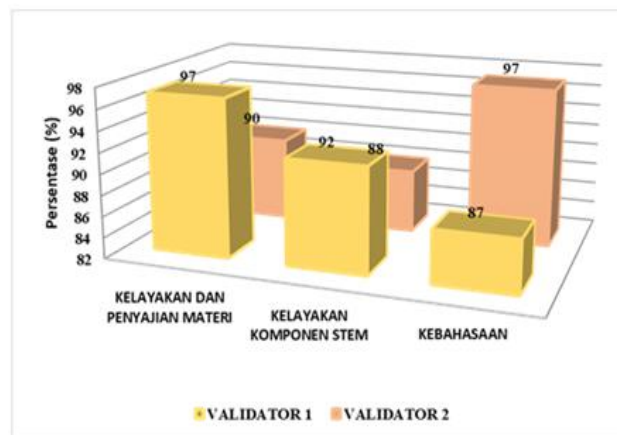
Berdasarkan Tabel 5 menjelaskan bahwa rata-rata persentase penilaian ahli materi pada kategori “sangat layak”. Persentase tiap indikator penilaian oleh ahli materi terhadap produk LKPD berbasis STEM berbantuan aplikasi phyphox.

Indikator kelayakan dan penyajian materi sebesar 93% dengan kategori sangat layak, indikator komponen STEM sebesar 82% dengan kategori sangat layak, dan indikator kebahasaan dengan kategori sangat layak. Sehingga diperoleh rata-rata persentasi indikator dari ahli materi terhadap kelayakan produk LKPD berbasis STEM berbantuan aplikasi

phyphox pada materi gerak melingkar sebesar 92% dengan kategori “sangat layak”. Menunjukkan bahwa materi yang dikembangkan pada LKPD sesuai dengan tuntutan kurikulum merdeka, sehingga layak digunakan dalam pembelajaran fisika. Hasil rekapitulasi validasi dari ahli materi ditampilkan dalam bentuk diagram batang pada Gambar 2.

Tabel 5. Persentase Hasil Validasi Ahli Materi

Indikator	Persentase Rata-rata (%)	Kriteria
Kelayakan dan Penyajian Materi	93	Sangat layak
Komponen STEM	90	Sangat layak
Kebahasaan	92	Sangat layak
Rata-rata	92	Sangat layak



Gambar 2. Persentase Rata-Rata Hasil Validasi Ahli Materi

Tahap implement (penerapan), tahap ini untuk mengetahui kepraktisan LKPD yang dikembangkan dengan menggunakan

LKPD dalam pembelajaran fisika di sekolah. Efektivitas LKPD dapat dilihat dan diukur dari hasil evaluasi sebelum melakukan pembelajaran

melalui pretest dan hasil evaluasi setelah melakukan pembelajaran melalui posttest (Sugiyono, 2018). Selanjutnya, hasil evaluasi yang diperoleh akan diketahui adanya peningkatan atau tidak adanya peningkatan keterampilan berpikir kritis. Jika terjadi peningkatan, maka LKPD terbukti efektif digunakan dalam pembelajaran fisika. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian oleh (Yurika, Y., et al., 2022) bahwa kepraktisan LKPD dilihat dari respon guru dan peserta didik dan keefektifan dilihat dari hasil tes ketercapaian kompetensi, hasil tes peserta didik telah mencapai KKM (70).

Tahap evaluasi, tahap ini data hasil penilaian dianalisis secara mendalam. Evaluasi efektifitas penggunaa LKPD yang dikembangkan dengan mengukur kemampuan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah menggunakan LKPD dalam pembelajaran fisika di kelas.

Soal yang digunakan untuk mengukur kemampuan berpikir kritis

sebanyak 3 soal essay yang telah diuji validitas dan reabilitas soal, soal yang dikembangkan menyesuaikan dengan indikator kemampuan berpikir kritis yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inference, dan eksplanasi.

Berdasarkan hasil pengukuran, kemampuan berpikir kritis siswa saat pretest terhadap 25 siswa diperoleh nilai minimum sebesar 40, nilai maksimum sebesar 72 dan memiliki nilai rata-rata sebesar 55,8. Sedangkan pada saat posttest kemampuan berpikir kritis diperoleh nilai minimum yang diperoleh siswa sebesar 65, nilai maksimal sebesar 90, sehingga diperoleh nilai rata-rata sebesar 78,84.

Hasil analisis dari evaluasi sebelum (pretest) dan sesudah (posttest) pembelajaran fisika menggunakan LKPD berbasis STEM berbantuan aplikasi phyhox dengan menggunakan analisis N-Gain yang diperoleh dari 25 siswa dapat diamati pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil analisis *N-Gain*

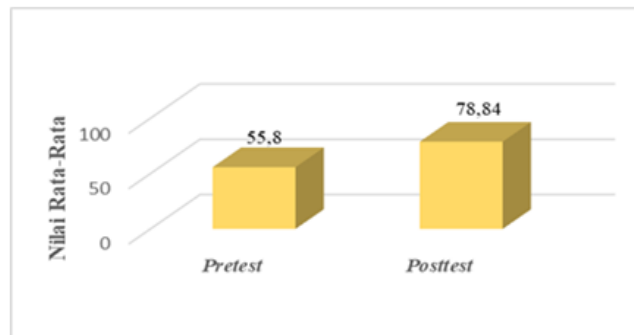
No	Sample	Nilai rata-rata Pretest	Postest	<i>N-Gain</i>	Kategori
1	25	55,8	78,84	0,52	Sedang

Berdasarkan hasil analisis N-gain pada Tabel 6 diperoleh skor 0,54 dengan kategori sedang. Dengan menggunakan standar yang ditetapkan di sekolah tempat uji coba yaitu KKM 70 pada mata pelajaran fisika, KKM merujuk pada standar kompetensi yang harus dicapai siswa yang meliputi kemampuan kognitif. Sehingga dari 25 siswa yang mengikuti evaluasi akhir (posttest), yang mencapai nilai ≤ 70 sebanyak 4 siswa, sedangkan hasil evaluasi awal (pretest) terdapat 5 siswa yang memperoleh nilai mencapai KKM.

Hasil ini menunjukkan peningkatan nilai siswa yang cukup

signifikan setelah menggunakan LKPD berbasis STEM berbantuan aplikasi phyphox dalam pembelajaran fisika. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ariyansah & Sulistyowati, 2021) bahwa nilai peserta didik mengalami peningkatan sebesar 29 pada saat pembelajaran menggunakan menggunakan e-LKPD dengan bantuan aplikasi phyphox berbasis discovery learning.

Selain itu, hasil analisis nilai rata-rata pretest dan posttest pada siswa ditampilkan dalam diagram batang pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai rata-rata *pretest* dan *posttest*

Selanjutnya, evaluasi akhir (posttest) dilakukan setelah siswa melakukan kegiatan eksperimen sehingga mengurangi konsentrasi siswa dalam mengerjakan soal evaluasi

tersebut. Namun berdasarkan hasil analisis uji N-gain yang didapatkan, menunjukkan bahwa penggunaan LKPD berbasis STEM berbantuan aplikasi phyphox mampu

meningkatkan sebagian besar keterampilan berpikir kritis siswa.

Hasil penelitian oleh (Usada, N. I. et al, 2022) menyebutkan bahwa LKPD berbasis STEM-5E Learning Cycle untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA valid untuk digunakan dengan nilai persentase di atas 80%. Selanjutnya hasil penelitian sebelumnya tentang pengembangan LKPD berbasis STEM dengan memanfaatkan teknologi dalam pembelajaran fisika terdapat pada penelitian oleh Fitriyah dan Madlazim menyebutkan bahwa LKPD pembelajaran berbasis inkuiri terbimbing terintegrasi STEM menggunakan media PhET Simulation ini telah memenuhi tolok ukur valid, praktis serta efektif untuk meningkatkan keterampilan peserta didik dalam berpikir kritis (Fitriyah, L., & Madlazim, 2021).

Hal ini, diperkuat dengan penelitian oleh (Sahlan & Widodo, 2021) bahwa pembelajaran fisika di tingkat SMA menggunakan model experiential learning berbantuan aplikasi phyphox dapat meningkatkan motivasi belajar siswa. Didukung oleh hasil penelitian (Ariyansah, D., et al.,

2021) bahwa pengembangan e-LKPD praktikum fisika pada materi gerak harmonik sederhana berbantuan aplikasi phyphox untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik mendapatkan hasil rata-rata skor N-Gain 0,71 dengan kategori tinggi.

Berikutnya penelitian oleh (Putri, W. et al, 2022) bahwa produk E-LKPD berbantuan aplikasi Phyphox yang telah dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran Fisika pada materi Efek Doppler di sekolah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menghasilkan produk bahan ajar berupa LKPD materi gerak melingkar berbasis STEM berbantuan aplikasi Phyphox yang dinyatakan valid berdasarkan penilaian oleh para ahli dengan rata-rata ahli materi 92% kategori sangat layak dan ahli media 87% kategori sangat layak. LKPD dinyatakan efektif digunakan dalam pembelajaran fisika di tingkat SMA yang diperoleh dari hasil pretest dan postest.

Kemampuan berpikir kritis siswa terdapat peningkatan yang signifikan serta diperoleh dari nilai N-gain siswa yang menggunakan LKPD sebesar

0,54 dengan kriteria sedang. LKPD ini dapat digunakan sebagai bahan ajar peserta didik selain buku paket serta dapat menjadi sumber belajar baru yang dapat dengan mudah dipelajari siswa sebagai bahan ajar dalam belajar fisika menggunakan aplikasi Phythox pada materi gerak melingkar, dan dapat lebih memanfaatkan smartphone dalam pembelajaran fisika.

DAFTAR PUSTAKA

- Alma, W., Putri, S., Hakim, L., & Sulistyowati, R. (2023). Pengembangan E-Lkpd Materi Efek Doppler Berbasis Inkuiri Terbimbing Berbantuan Aplikasi Phythox Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 11(2), 38–45.
- Amelia, M. (2024). *Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Video Powtoon Pada Materi Gelombang Bunyi Di Sma Ypk (Yayasan Pendidikan Keluarga) Medan*. Universitas Negeri Medan.
- Anggraeni, H. (2020). Penguatan blended learning berbasis literasi digital dalam menghadapi era revolusi industri 4.0. *Al-Idarah: Jurnal Kependidikan Islam*, 9(2), 190–203.
- Ariyansah, D., Hakim, L., & Sulistyowati, R. (2021). Pengembangan e-LKPD Praktikum Fisika pada Materi Gerak Harmonik sederhana Berbantuan Aplikasi Phythox untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Peserta didik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 12(2), 173–181.
- Ariyansah, D., & Sulistyowati, L. H. R. (2021). *Pengembangan e-LKPD Praktikum Fisika Pada Materi Gerak Harmonik Sederhana Berbantuan Aplikasi Phythox Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Peserta Didik*. 12(2), 173–181. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v12i2.9052>
- Carroll, R., Lincoln, J. (2020). Phythox App In The Physics Classroom. *The Physics Teacher*, 58(8), 606–607.
- Eliansi, D., Hamdani, D., & Medriati, R. (2023). Pengembangan LKPD Berbasis Stem Berbantuan Simulasi Phet Untuk Menumbuhkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Listrik Dinamis. *Amplitudo: Jurnal Ilmu Dan Pembelajaran Fisika*, 3(1), 35–42.
- Erdogan, N., Stuessy, C. L. (2015). Examining inclusive STEM schools' role in the college and career readiness of students in the United States: A multi-group analysis of students' achievement

- outcomes. *Educ. Sci. Theory Pract.*, 1517–1529.
- Fitriyah, L., & Madlazim, M. (2021). Pengembangan LKPD Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terintegrasi STEM Menggunakan PhET Simulation Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis. *IPF: Inovasi Pendidikan Fisika*, 10(1), 99–108.
- Gardner, K., Glassmeyer, D., & Worthy, R. (2019). Impacts of STEM professional development on teachers' knowledge, self-efficacy, and practice. *Frontiers in Education*, 4(26).
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: a six thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal Physics*, 1(66), 64–74.
- Hasriadi, H. (2022). Metode Pembelajaran Inovatif di Era Digitalisasi. *Jurnal Sinestesia*, 1(12), 136–151.
- Hidayah, N., Suyidno, S., & Qamariah, Q. (2024). Strategi Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Menggunakan Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Berbasis STEM Pada Pelajaran Fisika. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA*.
- 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), 138–149.
- Margaretha, L., Pasaribu, F. T., & Ramalisa, Y. (2024). Pengembangan E-LKPD Berbasis STEM Berbantuan Video Animasi untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 14(1), 90–98.
- Mu'Minah, I. H., Aripin, I. (2019). Implementasi STEM dalam pembelajaran abad 21. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 1495–1503.
- Muslimin, M., & Purwaningsih, E. (2023). Meta-Analisis: Pengaruh LKPD berbasis PBL terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah dalam Fisika. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 11(2), 38–45.
- Pierratos, T., Polatoglou, H. M. (2020). Utilizing The Phyphox App for Measuring Kinematics Variables with a smartphone. *Physics Education*, 55(2).
- 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), 15–20.
- Sahlan, Widodo, I. (2021). Pengaruh Model Experiential Learning Berbantuan Aplikasi Phyphox terhadap Motivasi Belajar Fisika di SMA. *Karts : Jurnal Pendidikan Fisika Dan Terapannya*, 4(2), 76–82.
- Septiningrum, D., Khasanah, N., & Khoiri, N. (2021). Pengembangan Bahan Ajar Biologi Materi virus Berbasis socioscientific Issues (ssi) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*, 11(1), 87–104.
- Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: Phyphox. *Physics Education*, 53(4), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac05e>
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Tawil, M. (2023). Efektivitas Penerapan Pendekatan TPACK Berbasis Inquiry Dalam Pembelajaran IPA Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas VIII. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sains Indonesia (JPPSI)*, 6(2), 143–151.
- Usada, N. I., Hakim, A., & Qadar, R. (2022). LKPD Berbasis STEM-5e Learning Cycle untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis pada Siswa SMA. *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 18–29.
- Utomo, F. T. S. (2023). Inovasi Media Pembelajaran Interaktif Untuk Meningkatkan Efektivitas Pembelajaran Era Digital Di Sekolah Dasar. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 8(2), 3635–3645.
- Viviyanti, M. (2023). Pendidikan STEM: Mempersiapkan Siswa untuk Masa Depan yang Teknologi-Centric. *GUAU: Jurnal Pendidikan Profesi Guru Agama Islam*, 7(3), 207–215.
- Yurika, Y., Sahara, L., & Anas, M. (2022). Pengembangan LKPD Berorientasi Berpikir Kritis Melalui Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing pada Materi Pokok Teori Kinetik Gas Tingkat SMA/MA/SMK Sederajat. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 7(1), 45–52. <https://doi.org/doi:http://dx.doi.org/10.36709/jipfi.v7i1.23474>