PENGARUH MODEL *PROBLEM BASED LEARNING* MENGGUNAKAN LKPD BERBANTUAN PHET PADA MATERI DINAMIKA GERAK PARTIKEL TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA SMA

Khayla Maharani[1*], Yenni Darvina[2], Ratnawulan[3], Fuja Novitra[4]

[1,2,3,4]*Universitas Negeri Padang*
E-mail : ydarvina@fmipa.unp.ac.id

ABSTRAK

Studi ini dilatarbelakangi akan hasil belajar fisika siswa kelas XI Fase F di salah satu SMA Kota Padang ajar LKPD yang tidak variatif. Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh model *Problem Based Learning* menggunakan LKPD berbantuan PhET atas hasil belajar siswa pada materi Dinamika Gerak Partikel. Studi ini jenisnya berupa *pre-experimental* lewat rancangan *one-group pretest-posttest.* Sampelnya terdiri atas peserta didik Fase F jurusan IPA yang terpilih melalui teknik *purposive sampling*. Instrumen studi mencakup tes pengetahuan, lembar pengamatan sikap, serta penilaian keterampilan. Perolehan pengujian hipotesisnya mempergunakan uji *paired sample t-test* memperlihatkan bahwasanya t hitung > t tabel yaitu 20,01 > 2,03 pada aspek pengetahuan dan 15,76 > 2,03 pada aspek keterampilan. Hasil uji hipotesis pada aspek sikap menggunakan uji Wilcoxon menunjukkan bahwa z hitung > -z tabel yaitu 0,196 > 1,96. . Hasil uji *effect size* didapatkan nilai 2,95 pada aspek pengetahuan, 1,83 pada aspek sikap, dan 1,88 pada aspek keterampilan. Dapat disimpulkan, memberikan perlakuan dengan menerapkan model *problem based learning* menggunakan LKPD berbantuan PhET dapat memengaruhi hasil belajar siswa pada materi Dinamika Gerak Partikel Fase F dengan kategori tinggi.

Kata kunci : *Problem Based Learning*; LKPD, PhET; Hasil Belajar

ABSTRACT

This study is motivated by the physics learning outcomes of grade XI Phase F students at one of the Padang City Senior High Schools teaching LKPD which are not varied. The following research aims to determine the impact of the Problem Based Learning model using LKPD assisted by PhET on student learning outcomes in the Dynamics of Particle Motion material. This study is a pre-experimental type through a one-group pretest-posttest design. The sample consists of Phase F students majoring in science selected through a purposive sampling technique. The study instruments include knowledge tests, attitude observation sheets, and skill assessments. The finding of the hypothesis testing using the paired sample t-test show that t count > t table, namely 20.01 > 2.03 in the knowledge aspect and 15.76 > 2.03 in the skill aspect. The results of the hypothesis test on the attitude aspect using the Wilcoxon test show that z count > -z table, namely 0.196 > 1.96. The effect size test results obtained a value of 2.95 for the knowledge aspect, 1.83 for the attitude aspect, and 1.88 for the skills aspect. It can be concluded that providing treatment by applying the problem-based learning model using LKPD assisted by PhET can influence student learning outcomes in the material on Phase F Particle Motion Dynamics with a high category.

Keywords : *Problem-Based Learning; LKPD, PhET; Learning Outcomes*

PENDAHULUAN

Pendidikan bertujuan meningkatkan potensi siswa agar mampu berdaya saing dalam ranah nasional maupun internasional, dan penerapannya menuntut guru terampil memilih pendekatan pembelajaran sesuai tantangan kurikulum yang terus berkembang (Tuhusula et al., 2020). Kurikulum Merdeka yang saat ini diterapkan di Indonesia tak sekadar menilai siswa dari aspek nilai, melainkan juga kesantunan serta keterampilan dalam bidang tertentu, sekaligus membebaskan guru memanfaatkan berbagai perangkat ajar dan teknologi digital untuk mendukung proses belajar (Kaffa & Miaz, 2022; Fadliansyah & Hindun, 2023). Pemanfaatan teknologi menjadi semakin penting pada mata pelajaran fisika, karena mayoritas materinya membutuhkan media peraga ataupun eksperimen guna memberi kemudahan guna memahami konsep, sementara metode eksperimen konvensional kerap terkendala keterbatasan waktu dan peralatan (Markos Siahaan, 2012).

Fisika pun kerap dianggap sebagai mata pelajaran yang berat karena menuntut ketekunan dan latihan yang intensif, sehingga banyak siswa bersikap pasif dan hanya menjadi pendengar penjelasan guru (Astalini et al., 2018; Nadia Yensi Febriana & Wulandari, 2022). Kondisi tersebut ditemukan pada studi awal di salah satu SMA Kota Padang, meskipun sekolah telah menerapkan Kurikulum Merdeka, proses pembelajaran di kelas masih didominasi pendekatan langsung dari guru dengan keterlibatan siswa yang rendah. Siswa cenderung pasif, hanya mencatat penjelasan guru, enggan bertanya maupun menjawab, dan pada materi yang membutuhkan praktikum hanya membayangkan tanpa melakukan percobaan langsung di laboratorium. Minimnya hasil siswa bisa kita amati dari skor rerata asesmen sumatif semester genap fisika kelas XI Fase F tahun ajaran 2024/2025.

Tabel 1. Nilai Fisika dan Persentase Ketuntasan Asesmen Sumatif Semester Genap Tahun Ajaran 2024/2025

No	Kelas	Jumlah Siswa	Tuntas		Tidak Tuntas		KKTP
			Jumlah	%	Jumlah	%	
1	Fisika 6	36	13	36%	23	63%	80
2	Fisika 7	36	18	50%	18	50%	
3	Fisika 8	36	20	55%	16	44%	
4	Fisika 9	35	15	41%	21	58%	

(Sumber : Guru Fisika)

Berdasarkan data hasil Asesmen Sumatif semester genap mapel fisika kelas XI Fase F di salah satu SMA Kota Padang tahun ajaran 2024/2025 menunjukkan bahwasanya mayoritas kelas belum meraih Kriteria Ketuntasan Tujuan Pembelajaran (KKTP) sebesar 80. Rendahnya hasil belajar siswa Indonesia secara umum juga tergambar dari hasil PISA 2022, dimana Indonesia berada pada peringkat 68 dengan skor sains 383 (OECD, 2023). Permasalahan pada penelitian ini yaitu LKPD yang digunakan masih bersifat non-eksperimen, hanya memuat contoh soal penerapan tanpa mendorong siswa melakukan praktikum, sehingga siswa cepat bosan. Model yang relevan diterapkan salah satunya *Problem Based Learning* yakni melakukan pengembangan serta penyajian hasil karya dalam mengkomunikasikan hasil karya tidak terlaksana dikarenakan waktu pembelajaran yang tidak cukup.

Model pengajaran yang menyajikan permasalahan kontekstual sebagai titik tolak guna merangsang peserta didik mengumpulkan serta mengintegrasikan pengetahuan baru secara mandiri, dengan pembelajaran yang berpusat pada siswa dalam merencanakan, mengorganisasikan, dan

mengevaluasi proses belajarnya sendiri yaitu PBL (Erviana Yuli et al., 2022; Dahri, 2022). Model ini terbukti mampu meningkatkan keterampilan pemecahan masalah, hasil belajar, serta menanggulangi kejenuhan belajar siswa (Dahri, 2022), namun penerapannya memerlukan bahan ajar pendukung yang tepat agar seluruh sintaksnya dapat dijalankan secara optimal. LKPD dipakai sebagai pedoman bagi siswa guna melaksanakan kegiatan belajar, termasuk melakukan percobaan pada pembelajaran fisika (Munandar, 2015), dan sejumlah penelitian menunjukkan tingginya efektivitas penggunaan LKPD berbantuan simulasi PhET dalam pembelajaran (Sholikhah, 2021; Masita et al., 2020).

PhET *Simulations* merupakan media pembelajaran fisika berbasis laboratorium virtual yang memberi kesempatan siswa membangun pengetahuannya sendiri melalui eksperimen simulatif, baik secara daring maupun luring, sehingga dinilai mampu memfasilitasi penguasaan konsep siswa terhadap materi fisika yang bersifat abstrak seperti Dinamika Gerak Partikel (Badriyah et al., 2023; Albis et al., 2023).Mengacu kepada latar belakang tersebut, studi ini ditujukan guna memahami pengaruh model PBL menggunakan LKPD berbantuan PhET *Simulations* atas hasil belajar siswa materi Dinamika Gertak Partikel di salah satu SMA Kota Padang. Fokus penelitian mencakup aspek pengetahuan, sikap, dan keterampilan sebagai indikator belajar yang utuh.

METODE

Studi ini berjenis *pre-experimental design* melalui kerangka *one-group pretest-posttest design*, yakni rancangan eksperimen semu yang tak melibatkan kelompok pembanding (kelompok kontrol), sehingga yang menjadi fokus utama adalah perbandingan kondisi siswa sebelum serta selepas diberi perlakuan (Arikunto, 2019).

Eksperimen dilakukan tanpa kelompok kontrol dan hanya berfokus pada pengaruh perlakuan terhadap satu kelompok subjek. Pada rancangan ini, siswa diberi pretest sebelum perlakuan serta posttest pasca perlakuan guna mendapati peningkatan hasil belajar. Rancangan penelitian ditampilkan dalam Tabel 2:

Tabel 2 . *One-Group Pretest-Posttest Designs*

Kelompok	***Pretest***	**Perlakuan**	***Posttest***
Eksperimen	O_1	X	O_2

O_1 : *pre-test* , O_2 : *post-test*, X : *Treatment*

Pada studi berikut populasinya keseluruhan siswa kelas XI Fase F di salah satu SMA Kota Padang yang mengikuti mapel fisika pada ajaran 2025/2026, tersusun atas delapan kelas dengan siswa yang jumlahnya 288 siswa. Sampelnya ditetapkan melalui pemanfaatan teknik *non-probability sampling* jenis *purposive sampling*, melalui cara mempertimbangkan rekomendasi guru mata pelajaran dan capaian akademik siswa. Kelas yang terpilih sebagai sampel adalah kelas F 8 dengan jumlah 35 siswa. Variabel bebas berupa pembelajaran melalui model PBL menggunakan LKPD berbantuan PhET serta variabel terikat adalah hasil belajar siswa sebagaimana dijabarkan ke dalam tiga aspek, di antaranya kognitif, afektif, serta psikomotor. Variabel kontrol dalam penelitian ini mencakup kesamaan materi pembelajaran (Dinamika Gerak Partikel), jumlah jam pelajaran, butir soal *pretest-posttest* yang identik, serta penggunaan LKPD yang sama pada seluruh pertemuan, sehingga perbedaan hasil yang muncul dapat lebih diyakini berasal dari perlakuan yang diberi serta bukan dari faktor pembelajaran yang tidak seragam.

Instrumen untuk mengukur aspek kognitif berupa tes uraian yang diberikan sebelum dan sesudah perlakuan. Soal-soal dikembangkan berdasarkan kisi-kisi dan telah divalidasi melalui uji coba dan analisis statistik. Aspek afektif diukur menggunakan lembar observasi dengan indikator percaya diri yang dinilai menggunakan skala Likert. Sementara itu, aspek psikomotor diukur saat kegiatan praktikum menggunakan rubrik penilaian kinerja yang mencakup tahapan persiapan alat, pengambilan data, pengolahan data, dan penyampaian hasil. Sebelum perlakuan, memberi siswanya pretest guna mengestimasikan pengetahuan awalnya. Perlakuan dilaksanakan dalam enam kali pertemuan menggunakan model *Problem Based Learning* menggunakan LKPD berbantuan PhET.

Pertemuan pertama diawali melalui cara memberi *pretest* kelas sampel guna mengestimasi pengetahuan awalnya, dilanjutkan dengan pengenalan konsep hukum newton dan orientasi penggunaan PhET Simulations. Pada pertemuan kedua hingga keenam, siswa terlibat dalam kegiatan pembelajaran LKPD berbantuan PhET. Pertemuan keenam ditutup dengan pemberian *posttest* untuk mengevaluasi peningkatan hasil belajar, serta diskusi simpulan yang melibatkan refleksi atas proses serta hasil pembelajaran yang sudah dilalui. Selama proses pembelajaran, aspek afektif diamati secara langsung, dan posttest diberikan pada akhir perlakuan untuk mengukur peningkatan hasil belajar kognitif. Penilaian psikomotor dilakukan selama praktikum menggunakan rubrik yang disesuaikan dengan standar penilaian pendidikan nasional.

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan beberapa teknik statistik. Pengujian normalitas datanya dijalankan dengan metode Liliefors guna mengetahui distribusi data. Jika datanya terdistribusi normal, maka dijalankan pengujian *paired sample t-test* guna memperbandingkan hasil belajar sebelum dengan sesudah diberi perlakuan. Namun, manakala datanya tak terdistribusi normal, alternatifnya mempergunakan pengujian Wilcoxon Signed-Rank Test. Setelah didaptkan hasil pada uji normalitas, dilanjutkan dengan pengujian hipotesis guna mengetahui apakah menerima ataupun menolak hipotesis. Selain itu, guna mengukur besar peningkatan hasil belajar peserta didik, digunakan uji N-Gain (normalized gain) melalui rumus sebagaimana:

$$\text{N Gain} = \frac{mean\ skor\ posttest - mean\ skor\ pretest}{nilai\ ideal\ (100) - mean\ skor\ pretest}$$

Klasifikasi hasil N-Gain mengacu pada kategori yang dikemukakan oleh Rustam, Fauzi, dan Syafriani (2019), yaitu: berkategori tinggi (≥ 0,7), sedang (0,3–0,7), serta rendah (< 0,3). Selanjutnya, guna mengetahui besarnya dampak perlakuan, dijalankan perhitungan *effect size* mempergunakan formulasi Cohen's d sebagaimana:

$$\text{Effect size (Cohen's d)} = \frac{M_{post} - M_{pre}}{\frac{SD_{pre}^2 + SD_{post}^2}{2}}$$

Hasil analisis ini diinterpretasikan berdasarkan klasifikasi dari Cohen, yaitu: efek kecil (0–0,49), efek sedang (0,50–0,79), dan efek besar (≥ 0,80).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan pembelajaran model PBL menggunakan LKPD berbantuan PhET menunjukkan pengaruh signifikan atas hasil belajar peserta didik di materi dinamika Gerak partikel. Evaluasi efektivitas pembelajaran ini dilakukan melalui serangkaian instrumen yang mencakup tes awal dan akhir serta observasi langsung selama proses pembelajaran berlangsung. Penilaian terhadap capaian

belajar siswa dirancang secara menyeluruh, mencakup tiga aspek utama dalam taksonomi pembelajaran, yakni kognitif, afektif, serta psikomotor.

Pada aspek kognitifnya, siswa diberikan soal uraian baik sebelum maupun sesudah diterapkan pembelajaran dengan model PBL menggunakan LKPD berbantuan PhET. Instrumen tes tersebut difokuskan pada pengukuran pemahaman konseptual siswa terhadap materi dinamika gerak partikel. Soal disusun dengan total skor maksimum sebesar 20, kemudian dikonversikan ke dalam skala penilaian 0–100. Aspek afektif dinilai melalui observasi berbasis rubrik yang mencakup indikator sikap ilmiah siswa, antara lain tanggung jawab, kerja sama, disiplin, serta keterlibatan aktif selama proses pembelajaran dan diskusi kelompok. Sementara itu, keterampilan atau psikomotor diukur melalui kegiatan praktikum berbantuan PhET Simulations.

Aktivitas yang diamati meliputi tahap persiapan alat dan bahan, teknik pengambilan data, ketepatan dalam pengolahan informasi, serta kemampuan menyajikan hasil pengamatan secara logis dan sistematis. Hasil penelitian pada ketiga aspek hasil belajar menunjukkan pola yang konsisten, yaitu adanya perbedaan rata-rata secara signifikan dari *pretest* dengan *posttest* pasca diaplikasikannya model PBL menggunakan LKPD berbantuan PhET, sebagaimana dirangkum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Rangkuman Skor Pretest dan Postest pada Aspek Pengetahuan, Sikap dan Keterampilan

Statistical Parameters	Pengetahuan (Pretest)	Pengetahuan (Posttest)	Sikap (Pretest)	Sikap (Posttest)	Keterampilan (Pretest)	Keterampilan (Posttest)
Number of Samples (N)	35	35	35	35	35	35
Lowest Value	20	45	0	50	50	65
Highest Value	50	65	75	100	75	85
Maximum Value	100	100	100	100	100	100
Average Value	33,08	55,44	38,37	77,86	63,52	76,91
Standard Deviation (S)	7,78	6,07	22,96	19,9	7,54	6,63
N-Gain	0,33		0,64		0,36	
Effect Size	2,95		1,83		1,88	

Mengacu kepada Data sebagaimana Tabel tersebut mendapati adanya kenaikan yang konsisten di seluruh aspek hasil belajar di antaranya pengetahuan, sikap, serta keterampilan pasca diaplikasikannya model PBL mempergunakan LKPD berbantuan PhET.

Di aspek pengetahuan, rerata skor mengalami kenaikan dari 33,08 menjadi 55,44. Peningkatan tersebut memperlihatkan bahwasanya selepas mengikuti pembelajaran, penguasaan konsep dan pemahaman siswa atas materi yang mereka pelajari menjadi lebih baik dibandingkan sebelum pembelajaran dilaksanakan. Meskipun nilai rata-rata posttest belum mencapai kategori yang sangat tinggi, adanya kenaikan skor tersebut mengindikasikan bahwa pembelajaran yang diaplikasikan memengaruhi peningkatan kemampuan kognitif siswa secara positif. Uji N-Gain menunjukkan peningkatan kategori tinggi (0,71) dan *effect size* sebesar 2,95 yang menurut kriteria Cohen tergolong sangat besar. Besarnya *effect size* pada aspek ini mengindikasikan bahwa pengaruh

perlakuan terhadap penguasaan konsep siswa tak sekadar substantif secara statistiknya, melainkan juga besar secara praktisnya.

Simulasi PhET memungkinkan siswa memanipulasi variabel secara langsung dan mengamati akibatnya secara visual dan interaktif, sehingga proses konstruksi konsep berlangsung lebih konkret dibandingkan pembelajaran ceramah konvensional. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa kombinasi PBL, LKPD, dan simulasi PhET mampu menjadikan pemahaman konsepnya meningkat juga mendorong keterlibatan aktif peserta didik pada proses pembelajarannya (Sumiasyih, 2022; Tiyas dkk., 2024), dan diperkuat Masita et al. (2020) yang menemukan bahwasanya pemanfaatan PhET *simulation* secara konsisten menjadikan pemahaman konsep fisika siswa meningkat pada berbagai topik. Sintaks PBL yang mendorong siswa merumuskan dan menguji hipotesis melalui simulasi turut membiasakan siswa berpikir secara ilmiah, bukan sekadar menghafal rumus, sehingga peningkatan pada aspek pengetahuan tergolong paling menonjol di antara ketiga aspek yang diukur.

Pada aspek sikap, rata-rata nilai meningkat dari 38,37 menjadi 77,86, selisih terbesar di antara ketiga aspek. Meskipun uji N-Gain menunjukkan kategori peningkatan yang lebih moderat (0,64, kategori sedang) dibandingkan aspek pengetahuan, nilai *effect size* yang diperoleh tetap sangat tinggi (1,83), yang menunjukkan bahwa perlakuan memberi dampak besar terhadap perubahan sikap siswa meski peningkatan skor mentahnya tidak sebesar aspek pengetahuan. Data sikap yang tidak terdistribusi normal turut mengindikasikan adanya variasi respons afektif antarsiswa, yang wajar terjadi karena sikap dipengaruhi banyak faktor individual seperti kepercayaan diri awal dan pengalaman belajar sebelumnya. Secara kualitatif, keterlibatan peserta didik guna aktif pada diskusi kelompok serta sesi simulasi mendorong keberanian bertanya, menjawab, dan memaparkan perolehan kerja di depan kelas. Temuan ini konsisten dengan temuan studi yang mendapati peningkatan minat serta antusiasme belajar siswa pasca penerapan PBL berbantuan PhET, di mana siswa menjadi lebih aktif berdiskusi dan berani mengemukakan pendapat (Fortuna dkk., 2024), serta sejalan dengan Amalia (2022) yang menemukan pengaruh signifikan model PBL berbantuan simulasi PhET terhadap sikap ilmiah siswa, mencakup rasa ingin tahu, objektivitas, tanggung jawab, keterbukaan terhadap pendapat orang lain, dan kemampuan bekerja sama. Sikap ilmiah semacam ini merupakan prasyarat penting bagi keterlibatan siswa dalam proses inquiry jangka panjang, sehingga dampaknya berpotensi melampaui konteks materi Dinamika Gerak Partikel.

Pada aspek keterampilan, rerata skor mengalami kenaikan mulanya 63,52 menjadi 76,91, di mana N-Gain kategori sedang (0,36) capaian paling rendah di antara ketiga aspek namun *effect size* tetap tergolong sangat tinggi (1,88). Pola ini menunjukkan bahwa meskipun pengaruh perlakuan secara statistik kuat, peningkatan keterampilan proses sains (membaca data, mengumpulkan data, menganalisis data, mengomunikasikan hasil, dan menarik kesimpulan) berlangsung lebih lambat dibandingkan penguasaan konsep pengetahuan. Hal ini beralasan karena keterampilan bersifat psikomotorik yang terbentuk melalui pengulangan dan pembiasaan, bukan sekadar pemahaman kognitif, sehingga durasi perlakuan sebanyak enam kali pertemuan mungkin belum cukup untuk mengoptimalkan seluruh indikator keterampilan secara merata. Nilai *pretest* keterampilan yang sudah relatif tinggi sejak awal (63,52) dibandingkan aspek pengetahuan yang dimulai dari nilai *pretest* jauh lebih rendah (33,08). Temuan tersebut senada dengan studi Nurason (2022) yang mendapati bahwasanya LKPD berbasis PhET efektif melatih keterampilan proses sains siswa karena memfasilitasi eksperimen mandiri tanpa bergantung pada ketersediaan alat laboratorium fisik,

meskipun peningkatan keterampilan cenderung membutuhkan waktu intervensi yang lebih panjang dibandingkan peningkatan pemahaman konsep.

Secara keseluruhan, ketiga aspek menegaskan bahwa integrasi model *Problem Based Learning* menggunakan LKPD berbantuan PhET efektif mengatasi keterbatasan metode eksperimen konvensional yang selama ini menjadi kendala di di salah satu SMA Kota Padang, sekaligus menjawab permasalahan awal berupa rendahnya keterlibatan siswa dan minimnya variasi bahan ajar. Dari sisi penerapannya, integrasi PhET Simulations terbukti tidak hanya efektif tetapi juga dapat diakses dan digunakan dalam lingkungan kelas yang memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium. Pemanfaatan ponsel pintar sebagai alat eksperimen turut mendukung akses terhadap instrumen ilmiah, yang membuat tiap peserta didik mempunyai peluang yang sama guna mengumpulkan dan menganalisis data secara bermakna. Pola peningkatan yang berbeda pada tiap aspek tertinggi pada pengetahuan, sikap, kemudian keterampilan memberikan implikasi praktis bahwa penerapan model PBL pada konteks pembelajaran lain sebaiknya mempertimbangkan durasi perlakuan yang lebih panjang apabila tujuan utamanya adalah peningkatan keterampilan proses sains, sementara untuk peningkatan pemahaman konsep, durasi enam pertemuan sudah menunjukkan hasil yang sangat memadai. Selain itu, besarnya *effect size* pada seluruh aspek yang secara konsisten berada pada kategori sangat tinggi menunjukkan bahwa hasil ini bukan sekadar signifikan secara statistik pada sampel kecil, melainkan mencerminkan kekuatan pengaruh yang secara praktis berarti bagi perbaikan kualitas pembelajaran fisika di kelas.

KESIMPULAN

Merujuk kepada temuan studi beserta analisis data pada ketiga aspek hasil belajar, bisa ditarik simpulan bahwasanya penerapan model Problem Based Learning menggunakan LKPD melalui bantuan PhET memengaruhi signifikan hasil belajar peserta didik kelas XI Fase F di salah satu SMA Kota Padang pada materi Dinamika Gerak Partikel. Pada aspek pengetahuan, pengujian paired sample t-test memperlihatkan skor t hitungnya 20,01 melampaui t tabelnya 2,03, dengan N-Gain kategori tinggi (0,71) dan effect size sangat besar (2,95). Pada aspek sikap, uji Wilcoxon menunjukkan nilai z hitung 1,96 berada pada daerah penolakan H_0, dengan N-Gain kategori sedang (0,64) namun effect size tetap sangat tinggi (1,83). Pada aspek keterampilan, uji t memperlihatkan skor t hitungnya 15,76 melampaui t tabelnya 2,03, di mana N-Gain kategori sedang (0,36) dan effect size sangat tinggi (1,88). Ketiga temuan ini secara konsisten memperlihatkan bahwasanya model pembelajaran yang diujikan efektif menjadikan hasil belajar peserta didik meningkat secara menyeluruh, baik di ranah pengetahuan, sikap, serta keterampilan, melalui pengaruh yang secara praktis besar meskipun besaran peningkatan skor mentah bervariasi antaraspek.

Mengacu kepada simpulan tersebut, peneliti mengajukan sejumlah saran. Pertama, bagi guru fisika, bisa menjadikan model *Problem Based Learning* menggunakan LKPD berbantuan PhET sebagai salah satunya alternatif strategi pembelajaran, terlebih di materi yang bersifat abstrak dan sulit divisualisasikan melalui eksperimen konvensional. Kedua, mengingat desain pre-experimental memiliki keterbatasan dalam mengontrol variabel luar, penelitian selanjutnya peneliti menyarankan guna memanfaatkan rancangan yang lebih kuat misalnya quasi experimental ataupun true experimental dengan kelompok kontrolnya, supaya dampak perlakuan bisa diukur secara lebih akurat dan bebas dari ancaman validitas internal. Ketiga, mengingat peningkatan pada aspek keterampilan tergolong paling rendah di antara ketiga aspek, penelitian atau penerapan selanjutnya disarankan memperpanjang durasi perlakuan atau menambah frekuensi praktikum agar

keterampilan proses sains siswa dapat berkembang secara lebih optimal. Keempat, penilaian pada ketiga aspek sebaiknya dilakukan oleh penilai yang berbeda untuk meningkatkan objektivitas dan mengurangi potensi bias pengukuran. Kelima, peneliti selanjutnya dapat memperluas kajian pada materi fisika lain maupun jenjang pendidikan berbeda untuk menguji konsistensi pengaruh model ini secara lebih meluas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, serta bantuan selama proses penelitian dan penyusunan artikel ini sehingga penelitian dapat diselesaikan dengan baik. Semoga bantuan dan kontribusi yang telah diberi menjadi amal kebaikan yang bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

Albis, M. M. K., Ni'mah, S., & Adilah, B. (2023). Pengenalan PhET Simulations sebagai laboratorium virtual untuk membantu pemahaman konsep fisika materi kesetimbangan pada siswa kelas 8 SMP. *Jurnal Pendidikan, Sains dan...*, 2(4), 1054–1059.

Astalini, A., Kurniawan, D. A., & Sumaryanti, S. (2018). Sikap siswa terhadap pelajaran fisika di SMAN Kabupaten Batanghari. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 3(2), 59.

Badriyah, Setiyo, R. D., Firdausi, Z. El, Nuqia, K., Mahardika, I. K., & Baktiarso, S. (2023). Manfaat PhET simulasi dalam menopang sarana dan prasarana laboratorium fisika untuk meningkatkan minat belajar siswa. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(2), 84–90.

Dahri, N. (2022). *Problem and Project Based Learning (PPjBL): Model pembelajaran abad 21*. CV. Muharika Rumah Ilmiah.

Erviana Yuli, V., Sulisworo, D., Robi'in, B., & Rismawati Nur Afina, E. (2022). *Model pembelajaran berbasis Problem Based Learning berbantuan Virtual Reality untuk peningkatan HOTS siswa*.

Fadliansyah, M. R., & Hindun. (2023). Analisis penggunaan IPTEK dalam pembelajaran Kurikulum Merdeka sebagai peningkatan mutu pendidikan. *Fonologi: Jurnal Ilmuan Bahasa dan Sastra Inggris*, 1(4), 189–200.

Kaffa, Z., & Miaz, Y. (2022). Pengembangan lembar kerja siswa berbasis role playing pada pembelajaran tematik terpadu di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 6(5), 8228–8238.

Mahardika, I. K., Muzammil, M. H., Saragih, D. F., & Putri, F. H. (2023). Peranan teknologi dalam proses pembelajaran fisika SMA. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 2(2), 245–252.

Markos Siahaan, S. (2012). Penggunaan teknologi informasi dan komunikasi dalam pembelajaran fisika. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 1, 13.

Masita, S. I., Donuata, P. B., Ete, A. A., & Rusdin, M. E. (2020). Penggunaan PhET simulation dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika siswa. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 5(2), 136.

Munandar, H., dkk. (2015). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berorientasi nilai islami pada materi hidrolisis garam. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 3(1), 29.

Nadia Yensi Febriana, & Wulandari, M. (2022). Sikap siswa terhadap pembelajaran fisika di SMAN 2 Kota Sungai Penuh. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, 8(1), 264–270.

OECD. (2023). *PISA 2022 assessment and analytical framework*. OECD Publishing.

P, D., & Urana. (2021). Problem Based Learning (PBL): Suatu model pembelajaran untuk mengembangkan cara berpikir kritis siswa. *Jurnal Pendidikan*, 12(1), 61–69.

Tuhusula, T. S., Pattana, B., Randai, E., Wateriri, D. R., & Walukow, A. F. (2020). Experiments using-based virtual lab PhET simulation in learning physics on parabolic movement materials. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(2), 128–135.

Yandi, A., Nathania Kani Putri, A., & Syaza Kani Putri, Y. (2023). Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil belajar siswa (literature review). *Jurnal Pendidikan Siber Nusantara*, 1(1), 13–24.

Zaki, M., & Saiman, S. (2021). Kajian tentang perumusan hipotesis statistik dalam pengujian hipotesis penelitian. *JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 4(2), 115–118.