

**PENGEMBANGAN LKPD *PBL STEM* BERBANTUAN *PHET SIMULATION* UNTUK  
MENINGKATKAN PENGUASAAN MATERI DAN KETERAMPILAN  
PEMECAHAN MASALAH FISIKA**

Rafika Indarti\*, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia  
Yusman Wiyatmo, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia  
\*e-mail: [rafikaindarti.2019@student.uny.ac.id](mailto:rafikaindarti.2019@student.uny.ac.id) (corresponding author)

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menghasilkan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* yang layak untuk meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah; (2) mengetahui kepraktisan LKPD *PBL* Berbasis *STEM* Berbantuan *PhET Simulation* dalam meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah; (3) mengetahui peningkatan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah setelah menggunakan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation*; (4) mengetahui keefektifan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* dalam meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah. Penelitian ini merupakan penelitian *R&D* dengan model *4D*. Subjek penelitian yaitu peserta didik kelas XI MIPA SMA Muhammadiyah 3 Yogyakarta tahun pelajaran 2023/2024. Instrumen penelitian yang digunakan berupa LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation*, RPP, soal tes penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah, angket respon, angket keterlaksanaan RPP, lembar penilaian kelayakan produk dan validasi instrumen. Analisis data menggunakan *SBi*, *Aiken's V*, *PA*, *IJA*, *QUEST*, *N-Gain*, *Praktikalitas*, *MANOVA* dan *effect size*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) telah dihasilkan LKPD *PBL* Berbasis *STEM* Berbantuan *PhET Simulation* yang layak digunakan dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah pada materi elastisitas dan hukum Hooke; (2) LKPD *PBL* Berbasis *STEM* Berbantuan *PhET Simulation* sangat praktis digunakan oleh peserta didik untuk meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah; (3) LKPD *PBL* Berbasis *STEM* Berbantuan *PhET Simulation* mampu meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah fisika peserta didik; (4) LKPD *PBL* Berbasis *STEM* Berbantuan *PhET Simulation* dinilai efektif untuk meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik.

**Kata Kunci:** *LKPD PBL, STEM, PhET simulation, penguasaan materi, keterampilan pemecahan masalah.*

**Abstract:** *This research aims to: (1) produce STEM-based PBL LKPD assisted by PhET Simulation that is feasible for improving material mastery and problem solving skills; (2) find*

*out the practicality of STEM-Based PBL LKPD Assisted by PhET Simulation in improving material mastery and problem solving skills; (3) knowing the increase in material mastery and problem solving skills after using STEM-based PBL LKPD assisted by PhET Simulation; (4) determine the effectiveness of STEM-based PBL LKPD assisted by PhET Simulation in improving material mastery and problem solving skills. This research is R&D research with a 4D model. The research subjects were students in class XI MIPA SMA Muhammadiyah 3 Yogyakarta for the 2023/2024 academic year. The research instruments used were STEM-based PBL LKPD assisted by PhET Simulation, lesson plans, material mastery test questions and problem solving skills, response questionnaires, lesson plan implementation questionnaires, product feasibility assessment sheets and instrument validation. Data analysis used SBI, Aiken's V, PA, IJA, QUEST, N-Gain, Practicality, MANOVA and effect size. The research results show that: (1) STEM-Based PBL LKPD Assisted by PhET Simulation has been produced which is suitable for use in physics learning to improve material mastery and problem solving skills in elasticity and Hooke's law; (2) STEM-Based PBL LKPD Assisted by PhET Simulation is very practical for students to use to improve their mastery of the material and problem solving skills; (3) STEM-Based PBL LKPD Assisted by PhET Simulation is able to improve students' mastery of the material and physics problem solving skills; (4) STEM-Based PBL LKPD Assisted by PhET Simulation is considered effective in improving students' mastery of the material and problem solving skills.*

**Keyword: LKPD PBL, STEM, PhET simulation, material mastery, problem solving skills**

## **PENDAHULUAN**

Keterampilan abad 21 dapat dilakukan pada semua disiplin ilmu, salah satunya adalah dalam pembelajaran fisika. Fisika merupakan mata pelajaran yang membutuhkan lebih banyak pemahaman dibandingkan hafalan. Dalam pembelajaran fisika, peserta didik diajak untuk belajar merumuskan konsep berdasarkan fakta-fakta empiris di alam sekitar. Namun pada kenyataannya pelajaran fisika selalu dianggap sulit dan menakutkan oleh peserta didik. Sebagian peserta didik beralasan bahwa dalam mempelajari fisika harus menghafalkan banyak rumus, terlalu banyak hitungan yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan soal serta suasana belajar fisika di kelas yang juga terkesan membosankan (Sjahrir & Jatmiko, 2015). Hal tersebut menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan dalam mengerjakan soal fisika yang diberikan pendidik karena rendahnya penguasaan materi yang dimiliki oleh peserta didik (Charli *et al.*, 2018). Padahal penguasaan materi menginterpretasikan bahwa peserta didik dapat menguasai materi yang diberikan oleh pendidik.

Pencapaian penguasaan materi peserta didik dapat diketahui dengan melihat hasil belajar peserta didik melalui penilaian akhir materi atau penilaian akhir semester. Suatu pembelajaran dapat dikatakan berhasil jika tujuan pembelajaran sudah tercapai. Salah satu tujuan pembelajaran yaitu tercapainya hasil belajar sesuai kriteria ketuntasan minimum. Penelitian Charli *et al.* (2019) yang dilaksanakan di SMA Negeri Karang Jaya menyatakan bahwa terdapat 68% dari 25 peserta didik dinyatakan tidak tuntas dalam ujian semester ganjil pada mata pelajaran fisika. Selain itu dalam penelitian Azizah *et al.* (2015) juga menunjukkan bahwa sebesar 70% peserta didik SMA yang berasal dari 3 sekolah mendapat nilai ulangan fisika di bawah KKM. Sejalan dengan hasil wawancara dengan guru fisika di SMA Muhammadiyah 3 Yogyakarta, bahwa pencapaian hasil belajar pada penilaian tengah semester dan penilaian akhir semester peserta didik pada mata pelajaran fisika kelas XI MIPA masih ada yang belum mencapai KKM. Dapat dilihat dari nilai penilaian tengah semester yang sebelumnya telah dilakukan yaitu hanya 2 dari 32 peserta didik di kelas yang memperoleh nilai di atas KKM. Berdasarkan beberapa penelitian tersebut dapat diartikan pencapaian penguasaan materi pada mata pelajaran fisika masih perlu ditingkatkan.

Dalam pembelajaran fisika, keterampilan pemecahan masalah merupakan hal penting yang harus dimiliki oleh peserta didik. Keterampilan pemecahan masalah membantu peserta didik dalam berpikir untuk memecahkan suatu permasalahan berdasarkan konsep dan teori fisika yang relevan. Pemecahan masalah secara efektif menuntut peserta didik untuk mengidentifikasi, menentukan, dan memecahkan masalah menggunakan logika, pemikiran literan dan kreatif (Hegde & Meera, 2012). Agar dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah, peserta didik harus dilatih dengan diberikan suatu permasalahan dalam kehidupan sehari-hari pada saat pembelajaran, sehingga peserta didik dapat merasakan proses pembelajaran yang bermakna (Hegde & Meera, 2012). Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan mengenai beberapa penelitian yang mengukur keterampilan pemecahan masalah peserta didik diantaranya pada penelitian yang dilakukan oleh Nasir *et al.* (2020) rata-rata keterampilan pemecahan masalah peserta didik kelas XI pada materi fisika sebesar 34% dan kelas X sebesar 33% dengan kategori rendah. Penelitian lain yang dilakukan oleh Makrufi *et al.* (2016) juga menunjukkan jika rata-rata keterampilan pemecahan masalah fisika peserta didik SMA masih rendah yaitu sebesar 19%. Dengan demikian, keterampilan pemecahan masalah peserta didik sangat perlu untuk ditingkatkan.

Dalam Permendikbud Nomor 22 Tahun 2016 mengenai standar proses pendidikan menyatakan bahwa salah satu prinsip pembelajaran yang digunakan adalah dari pendidik sebagai satu-satunya sumber belajar menjadi belajar berbasis aneka sumber belajar. Meskipun demikian, implementasi di sekolah belum sepenuhnya terlaksana. Sebagian besar pembelajaran di sekolah saat ini masih didominasi oleh pendidik. Pendidik aktif menjabarkan rumus-rumus fisika, dan latihan-latihan soal sedangkan peserta didik hanya mendengarkan dan mencatat materi yang diberikan oleh pendidik. Dengan pembelajaran yang masih terpusat pada pendidik, peserta didik menjadi kurang berinteraksi dengan fenomena-fenomena fisika sehingga peserta didik menjadi kesulitan memecahkan masalah dalam soal. Menurut Hoellwath (2005) dalam Azizah *et al.* (2016) menyatakan bahwa rendahnya keterampilan pemecahan masalah peserta didik disebabkan oleh pembelajaran yang cenderung menuntut pada penguasaan konsep saja dan mengesampingkan keterampilan pemecahan masalah pada kehidupan sehari-hari. Hal ini sejalan dengan pendapat Redish dalam Azizah *et al.* (2015) peserta didik mampu menyelesaikan permasalahan kuantitatif sederhana namun kurang memiliki kemampuan untuk menyelesaikan masalah yang lebih kompleks. Jika keterampilan pemecahan masalah fisika peserta didik rendah maka peserta didik akan sulit untuk mengatasi permasalahan yang ada dalam soal-soal fisika yang diberikan pendidik, yang mengakibatkan hasil belajar fisika juga menjadi rendah.

Pembelajaran yang dapat menciptakan peserta didik untuk aktif dalam kegiatan pembelajaran salah satunya adalah menggunakan media pembelajaran Lembar Kerja Peserta didik (LKPD). LKPD merupakan lembar kerja berisi tugas yang dikerjakan oleh peserta didik, berisi petunjuk, langkah-langkah untuk menyelesaikan suatu tugas berupa teori ataupun praktik. Rosliana (2019) dalam Lase & Lase (2020) menjelaskan bahwa penggunaan LKPD dapat mengubah kondisi belajar yang bersifat *teacher centered learning* menjadi kegiatan pembelajaran yang bersifat *student centered learning* dan dapat mengarahkan peserta didik untuk menemukan konsep. Akan tetapi, LKPD yang digunakan oleh pendidik saat ini kebanyakan hanya berisi materi dan soal-soal latihan yang menuntut peserta didik untuk menjawab pertanyaan, sehingga kurang cocok untuk digunakan dalam pembelajaran fisika. Oleh karena itu, berbagai upaya telah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu untuk meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah menggunakan media LKPD.

LKPD yang baik digunakan dalam pembelajaran fisika adalah LKPD yang dapat mengarahkan peserta didik untuk terlibat aktif dalam pembelajaran serta mengarahkan peserta didik untuk menemukan konsep dan teori dalam fisika. Proses penemuan konsep yang

melibatkan keterampilan-keterampilan yang mendasar melalui percobaan ilmiah dapat dilaksanakan dan ditingkatkan kegiatan praktikum di laboratorium menurut Subagyo (2008) dalam (Uzlifat *et al.*, 2018) kegiatan pembelajaran di laboratorium secara umum di sekolah-sekolah masih berupa kegiatan konvensional seperti menguji teori. Hal ini dikarenakan tidak semua alat dalam laboratorium dapat menunjang semua materi pembelajaran, sehingga kegiatan laboratorium jarang dilakukan. Padahal kegiatan laboratorium berperan besar terhadap meningkatnya hasil belajar fisika berupa penguasaan materi fisika dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik, karena peserta didik dapat mencoba sesuai dengan pengalaman belajarnya sendiri. Hal ini sejalan dengan hasil observasi dan wawancara dengan guru fisika di SMA Muhammadiyah 3 Yogyakarta bahwa alat dalam laboratorium masih sangat terbatas jumlahnya dan tidak dapat menunjang semua materi pembelajaran. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut praktikum yang biasanya dilakukan di laboratorium sekarang dapat dilakukan secara virtual yaitu menggunakan aplikasi *PhET Simulation*.

*PhET Simulation* adalah media simulasi pengajaran dan pembelajaran fisika berbasis laboratorium maya (*virtual laboratory*) yang dikembangkan *University of Colorado* yang berisi simulasi pembelajaran fisika, biologi, dan kimia (Abdurrahman *et al.*, 2019). *PhET Simulation* menyajikan model-model konseptual fisis yang mudah dimengerti peserta didik. Dengan adanya LKPD berbantuan *PhET Simulation* diharapkan dapat membantu peserta didik dalam pembelajaran eksperimen yaitu untuk meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah.

Upaya yang dilakukan untuk mendapatkan lulusan yang memiliki kemampuan mengaitkan pengetahuan yang diperoleh dengan kehidupan nyata di dunia pendidikan salah satunya menggunakan pendekatan integratif. Oleh karena itu LKPD berbantuan *PhET Simulation* diterapkan dalam pendekatan integratif. Pendekatan integratif adalah pendekatan pembelajaran yang dilakukan dengan menggunakan beberapa disiplin ilmu yaitu *Science, Technology, Engeneering and Mathematics (STEM)*. *STEM* merupakan pendekatan yang mengintegrasikan lebih dari satu disiplin ilmu. Sedangkan salah satu model pembelajaran yang dapat memfasilitasi peserta didik dalam mengembangkan keterampilan pemecahan masalah adalah pembelajaran berbasis masalah (*PBL*). Kelebihan dari model *PBL* menurut Sanjaya (2007) adalah meningkatkan aktivitas peserta didik dalam pembelajaran, membuat peserta didik menjadi pelajar yang mandiri dan bebas, membantu peserta didik untuk memahami masalah dunia nyata, memudahkan peserta didik untuk menguasai konsep-konsep fisika yang dipelajari sehingga dapat memecahkan masalah dalam dunia nyata, mengembangkan kemampuan berpikir kritis.

Berdasarkan permasalahan di atas, peneliti bermaksud melakukan penelitian yang berjudul Pengembangan LKPD *PBL* Berbasis *STEM* Berbantuan *PhET Simulation* Untuk Meningkatkan Penguasaan Materi dan Keterampilan Pemecahan Masalah Fisika Peserta Didik SMA.

## **METODE**

Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian *Research and Development (R&D)* dengan model 4D yang terdiri dari 4 tahapan, yaitu *Define* (pendefinisian), *Design* (perencanaan), *Develop* (pengembangan), dan *Disseminate* (penyebaran) (Thiagarajan *et al.*, 1976). Pengambilan data dilaksanakan di kelas XI SMA Muhammadiyah 3 Yogyakarta, semester gasal tahun pelajaran 2023/2024. Subjek penelitian ini adalah peserta didik kelas XI SMA Muhammadiyah 3 Yogyakarta. Uji coba terbatas dilakukan pada peserta didik yang telah mempelajari materi elastisitas dan hukum Hooke yaitu kelas XI MIPA 4 yang terdiri dari 32 peserta didik, sedangkan uji coba lapangan dilakukan di kelas XI MIPA 3 sebagai kelas eksperimen yang terdiri dari 32 peserta didik dan kelas XI MIPA 2 sebagai kelas kontrol yang terdiri dari 31 peserta didik dimana kelas tersebut belum

mempelajari materi elastisitas dan hukum Hooke. Subjek penelitian dipilih secara acak menggunakan teknik *cluster random sampling*. Desain penelitian yang digunakan pada uji coba lapangan seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1. Desain Penelitian Pada Uji Lapangan**

Kelas	Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
XI MIPA 3	Eksperimen	O <sub>1</sub>	X <sub>A</sub>	O <sub>2</sub>
XI MIPA 2	Kontrol	O <sub>1</sub>	X <sub>B</sub>	O <sub>2</sub>

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif digunakan untuk mendeskripsikan data penilaian validator ahli, praktisi dan respon peserta didik yang berupa saran, masukan, maupun komentar digunakan sebagai bahan revisi instrumen penelitian. Analisis kuantitatif terdiri dari: 1) analisis kelayakan instrumen perangkat pembelajaran dengan SBI; 2) analisis kecocokan penilaian antar validator menggunakan *Percentage of Agreement (PA)*; 3) analisis keterlaksanaan RPP menggunakan *Interjudge Agreement (IJA)*; 4) analisis validitas isi instrumen pengumpulan data menggunakan indeks *Aiken's V*; 5) analisis butir soal tes penguasaan materi dan soal tes keterampilan pemecahan masalah menggunakan program QUEST; 6) analisis peningkatan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah menggunakan *normalized gain (N-Gain)*; 7) analisis kepraktisan media pembelajaran menggunakan praktikalitas; 8) analisis hipotesis MANOVA untuk mengetahui perbedaan pengaruh dari penerapan pembelajaran menggunakan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation*; 9) analisis keefektifan media pembelajaran menggunakan *effect size*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Kelayakan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* dapat diketahui melalui hasil penilaian oleh validator ahli, praktisi dan angket respon peserta didik yang dianalisis menggunakan SBI. Hasil analisis penilaian kelayakan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil Analisis Kelayakan Media Oleh Validator ahli dan Praktisi**

No.	Aspek	Skor Validator		$\bar{X}$	Kategori
		Ahli	Praktisi		
1.	Aspek Didaktik	5	5	5	Sangat Baik
2.	Aspek Konstruksi	5	5	5	Sangat Baik
3.	Aspek Teknis	5	4	4,5	Sangat Baik
Rata-Rata Total		5,00	4,67	4,83	Sangat Baik

Diperoleh nilai rata-rata keseluruhan dari 3 aspek adalah 4,83 dengan kategori sangat tinggi. Hal ini dapat diinterpretasikan jika LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* sangat baik dan layak digunakan untuk meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik SMA pada materi elastisitas dan hukum Hooke.

Adapun hasil analisis respon peserta didik terhadap media LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Analisis Respon Peserta Didik Terhadap Media.**

No.	Aspek Penilaian	Rata-rata	Kategori
1.	Aspek Didaktik (Isi/Materi)	4,57	Sangat Baik

No.	Aspek Penilaian	Rata-rata	Kategori
2.	Aspek Konstruksi	4,72	Sangat Baik
3.	Aspek Teknis	4,73	Sangat Baik
4.	Aspek Kepraktisan	4,75	Sangat Baik
Rata-rata Keseluruhan		4,69	Sangat Baik

Didapatkan hasil analisis dengan rata-rata seluruh aspek sebesar 4,69 dengan kriteria sangat baik. Hal tersebut dapat diinterpretasikan jika LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* layak digunakan untuk meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik SMA pada materi elastisitas dan hukum Hooke.

Kelayakan RPP dapat diketahui melalui hasil penilaian oleh validator ahli, dan praktisi yang dianalisis menggunakan SBi. Diperoleh nilai rata-rata total penilaian dari dua validator yaitu sebesar 4,92 dengan kategori sangat baik. Hal ini dapat diinterpretasikan bahwa RPP yang disusun telah layak untuk digunakan sebagai pedoman dalam pembelajaran fisika

Analisis validitas isi instrumen pengumpulan data yaitu berupa validasi tes dan angket menggunakan indeks *Aiken's V*. Aspek validasi ada 3 yaitu: 1) isi; 2) konstruksi; 3) Bahasa. Hasil analisis menghasilkan bahwa semua butir pada instrumen yang dikembangkan memiliki nilai *Aiken's V* dalam rentang 0,8-1,00 dengan kategori sangat valid. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan jika instrumen soal tes penguasaan materi, soal tes keterampilan pemecahan masalah, dan angket respon peserta didik valid dan dapat digunakan dalam pembelajaran fisika.

Tingkat kecocokan antar validator dianalisis menggunakan *Percentage of Agreement (PA)* yaitu untuk mengetahui kesesuaian penilaian dari kedua validator. Instrumen dikatakan memiliki kecocokan sangat tinggi jika memiliki nilai persentase lebih dari 75%. Hasil analisis nilai *PA* setiap instrumen penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Hasil Tingkat Kecocokan Antar Validator**

No.	Instrumen Penelitian	Nilai <i>PA</i>	Kategori
1.	Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)	98%	Sangat Tinggi
2.	Media LKPD <i>PBL</i> berbasis <i>STEM</i> berbantuan <i>PhET Simulation</i>	98%	Sangat Tinggi
3.	Soal tes penguasaan materi	100%	Sangat Tinggi
4.	Soal tes keterampilan pemecahan masalah	100%	Sangat Tinggi
5.	Angket respon peserta didik	100%	Sangat Tinggi

Diperoleh jika nilai *PA* pada semua instrumen lebih dari 75% sehingga taraf kecocokannya sangat tinggi, hal ini dapat diinterpretasikan bahwa tingkat kecocokan antar validator sangat sesuai yaitu cenderung memiliki persepsi yang sama dan konsisten terhadap penilaian mereka sehingga instrumen layak untuk digunakan dalam penelitian.

Keterlaksanaan RPP diisi oleh dua observer yang ikut serta untuk mengamati kegiatan pembelajaran yang sedang berlangsung. Data kemudian dianalisis menggunakan *Interjudge Agreement (IJA)*. Diperoleh bahwa hasil rata-rata persentase *IJA* pada tiap pertemuan sebesar 100%. Hal tersebut dapat diinterpretasikan bahwa keterlaksanaan RPP pada penelitian dinyatakan layak digunakan.

Pada uji coba terbatas diperoleh data dari soal tes penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah yang kemudian dianalisis menggunakan program QUEST untuk mengetahui validitas, reliabilitas soal tes penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Hasil Analisis Validitas dan Reliabilitas Instrumen Tes**

No.	INFIT MNSQ	Kategori	
		Validitas	Reliabilitas
1.	15 Butir Soal Tes Penguasaan Materi	Valid	Reliabel
2.	5 Butir Soal Tes Keterampilan Pemecahan Masalah	Valid	Reliabel

Diperoleh jika validitas 15 butir soal tes penguasaan materi dan soal tes keterampilan pemecahan masalah berada dalam kategori valid dan reliabel. Hal tersebut dapat diinterpretasikan bahwa semua butir soal tes penguasaan materi dan keterampilan masalah valid dan reliabel untuk digunakan sebagai instrumen pengambilan data pada uji coba lapangan.

Analisis kepraktisan digunakan untuk mengetahui tingkat kepraktisan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* yang dikembangkan. Hasil analisis kepraktisan menunjukkan jika LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* dikembangkan bernilai memiliki rata-rata kepraktisan 88%. Hal tersebut dapat diinterpretasikan jika LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* yang dikembangkan masuk dalam kategori sangat praktis.

Peningkatan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik dianalisis menggunakan *N-Gain*. Hasil analisis *N-Gain* dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Hasil Analisis *N-Gain***

Variabel	Kelas	<i>N-Gain</i>	Kategori
Penguasaan Materi	Eksperimen	0,68	Sedang
	Kontrol	0,51	Sedang
Keterampilan Pemecahan Masalah	Eksperimen	0,74	Tinggi
	Kontrol	0,64	Sedang

Hasil analisis menunjukkan bahwa peserta didik yang menggunakan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* memiliki *N-Gain* sebesar 0,68 pada variabel penguasaan materi dan 0,51 pada peserta didik yang tidak menggunakan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation*. Sedangkan *N-Gain* keterampilan pemecahan masalah untuk peserta didik yang menggunakan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* adalah 0,74 dan 0,64 untuk peserta didik yang tidak menggunakan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation*. Hal ini dapat diinterpretasikan bahwa peningkatan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada kelas eksperimen lebih unggul dibandingkan kelas kontrol.

Analisis uji prasyarat yang meliputi uji normalitas, homogenitas, dan multikolinieritas. Hasil uji ditampilkan secara singkat pada Tabel 7-9.

**Tabel 7. Hasil Uji Normalitas**

Data	Kelas	Sig. Kolmogorov-Smirnov	Keterangan
Peningkatan Penguasaan Materi	Eksperimen	0,135	Normal
	Kontrol	0,200	Normal
Peningkatan Keterampilan Pemecahan Masalah	Eksperimen	0,200	Normal
	Kontrol	0,200	Normal

Hasil analisis normalitas menunjukkan nilai sig. > 0,05 sehingga  $H_0$  ditolak. Hal tersebut dapat diinterpretasikan jika data terdistribusi normal. Syarat uji multikolinieritas untuk uji MANOVA terpenuhi.

**Tabel 8. Hasil Uji Homogenitas**

Data	Sig. ( <i>Levene's Test</i> )	Keterangan
Peningkatan Penguasaan Materi	0,610	Homogen
Peningkatan Keterampilan Pemecahan Masalah	0,085	Homogen

Hasil analisis menunjukkan nilai sig. > 0,05 sehingga  $H_0$  ditolak. Hal tersebut dapat diinterpretasikan jika data memiliki varians homogen. Syarat uji multikolinearitas untuk uji MANOVA terpenuhi.

**Tabel 9. Hasil Uji Multikolinearitas**

Data	<i>Collinearity Statistics</i>		Keterangan
	<i>Tolerance</i>	<i>VIF</i>	
Peningkatan Penguasaan Materi	0,576	1,736	Tidak Multikolinearitas
Peningkatan Keterampilan Pemecahan Masalah	0,576	1,736	

Hasil analisis menunjukkan nilai *Tolerance* > 0,1 dan nilai *VIF* < 10. Hal tersebut dapat diinterpretasikan jika tidak terjadi multikolinearitas pada data. Syarat uji multikolinearitas untuk uji MANOVA terpenuhi.

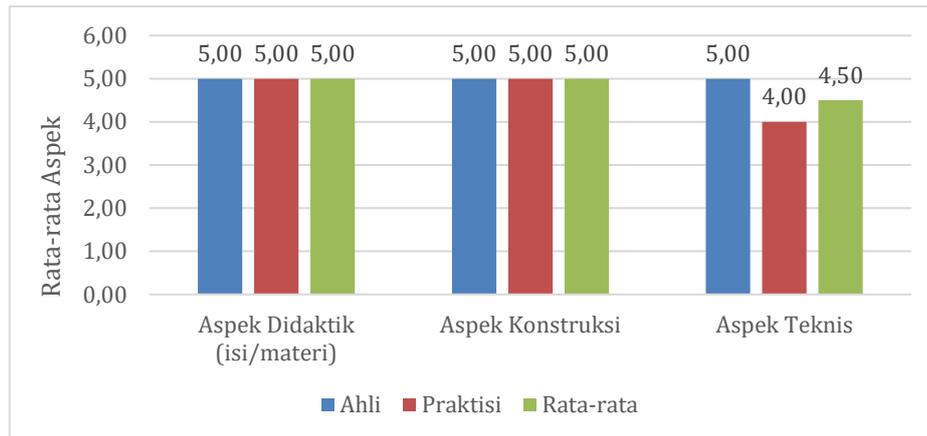
Setelah uji prasyarat terpenuhi maka dapat dilakukan uji untuk hipotesis menggunakan uji MANOVA. Uji MANOVA digunakan untuk menguji apakah ada perbedaan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah antara kelas eksperimen dan kontrol. Keputusan dianalisis dengan *Pillai's Trace*, *Wilk's Lambda*, *Hotelling's Trace*, *Roy's Largest Root*. Hasil analisis menunjukkan jika nilai sig.  $0,004 < 0,05$  sehingga  $H_0$  ditolak. Hal tersebut dapat diinterpretasikan jika terdapat perbedaan peningkatan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik antara kelas eksperimen dan kontrol.

Selanjutnya adalah hasil keluaran *Test Between Subject Effect* untuk mengetahui adanya perbedaan penguasaan materi kelas eksperimen dan kelas kontrol dan untuk mengetahui perbedaan keterampilan pemecahan masalah kelas eksperimen dan kontrol. Hasil analisis *test of between subject effect* menunjukkan jika nilai sig. untuk penguasaan materi sebesar  $0,005 < 0,05$  maka  $H_0$  ditolak. Hal tersebut menunjukkan jika ada perbedaan peningkatan penguasaan materi peserta didik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Sedangkan hasil analisis *test of between subject effect* menunjukkan jika nilai sig. untuk keterampilan pemecahan masalah  $0,002 < 0,05$  maka  $H_0$  ditolak dengan arti ada perbedaan keterampilan pemecahan masalah peserta didik antara kelas eksperimen dan kontrol.

Untuk mengetahui keefektifan LKPD PBL berbasis STEM berbantuan *PhET Simulation* dalam meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik dianalisis menggunakan effect size. Nilai effect size dapat dilihat dari nilai *partial eta squared* bagian *Parameter Estimates*. Hasil analisis *effect size* menunjukkan jika LKPD PBL berbasis STEM berbantuan *PhET simulation* berada dalam kategori besar dengan nilai *partial eta squared* sebesar 0,738 untuk meningkatkan penguasaan materi. Hal tersebut dapat diinterpretasikan jika pembelajaran dengan pembelajaran dengan LKPD PBL berbasis STEM berbantuan *PhET simulation* berkontribusi pada peningkatan penguasaan materi sebesar 73,8%. Hasil analisis *effect size* juga menunjukkan jika LKPD PBL berbasis STEM berbantuan *PhET simulation* berada dalam kategori besar dengan nilai *partial eta squared* sebesar 0,933 untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah. Hal tersebut dapat diinterpretasikan jika pembelajaran dengan pembelajaran dengan LKPD PBL berbasis STEM berbantuan *PhET simulation* berkontribusi pada peningkatan keterampilan pemecahan masalah sebesar 93,3%.

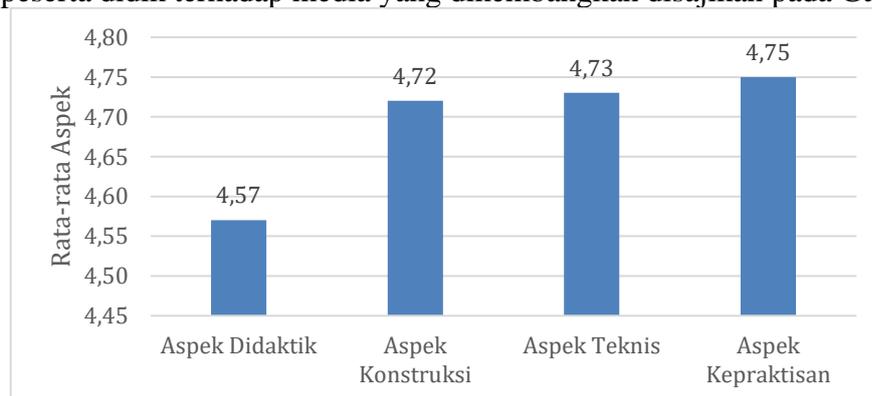
## Pembahasan

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian *Research and Development (R&D)* dengan model *4D*. Produk akhir dari pengembangan ini adalah LKPD PBL berbasis STEM berbantuan *PhET Simulation* untuk meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah pada materi elastisitas dan hukum Hooke. Penilaian kelayakan produk divalidasi oleh validator ahli yaitu dosen fisika dan validator praktisi yaitu guru fisika SMA Muhammadiyah 3 Yogyakarta. Penilaian LKPD terdiri dari aspek didaktik (isi/materi), aspek konstruksi, dan aspek teknis. Hasil analisis penilaian kelayakan validator disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Hasil Penilaian Kelayakan oleh Validator**

Secara keseluruhan, penilaian kelayakan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* memperoleh nilai 4,83 dari validator ahli dan validator praktis dengan analisis simpangan baku ideal (SBI). Berdasarkan kriteria penilaian skala lima menurut Widoyoko (2009) nilai tersebut termasuk dalam kategori sangat baik, sehingga dapat disimpulkan bahwa LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* “layak” digunakan untuk meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Adapun hasil penilaian peserta didik terhadap media yang dikembangkan disajikan pada Gambar 2.



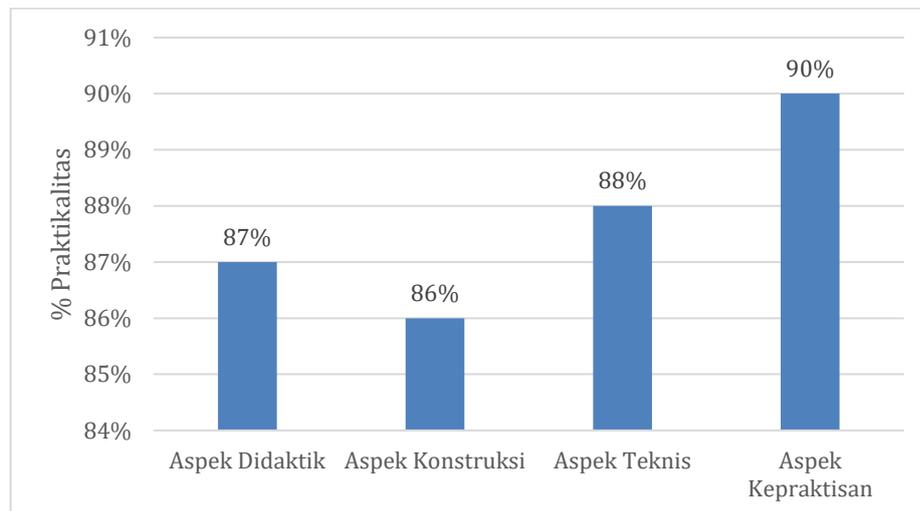
**Gambar 2. Hasil Analisis Respon Peserta Didik Terhadap Media**

Secara keseluruhan, diperoleh nilai rata-rata 4,69 dari semua aspek yang dinilai dengan. Berdasarkan kriteria penilaian skala lima, nilai tersebut termasuk dalam kategori sangat baik, sehingga dapat disimpulkan bahwa LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation*

“layak” digunakan untuk meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik.

Berdasarkan hasil penilaian kelayakan validator ahli dan praktisi serta hasil respon peserta didik terhadap media tersebut, sehingga dapat disimpulkan bahwa media LKPD *PBL* Berbasis *STEM* Berbantuan *PhET Simulation* “layak” digunakan untuk meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Audin *et al.* (2023) dan Wajdi *et al.* (2023) bahwa LKPD yang termasuk dalam kategori sangat baik dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran. Sejalan juga dengan penelitian yang dilakukan oleh Palupi & Pujiyanto (2021) dan Ardani (2023) yang menyatakan bahwa LKPD layak digunakan untuk meningkatkan penguasaan materi, dan Risa *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa LKPD layak digunakan untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik.

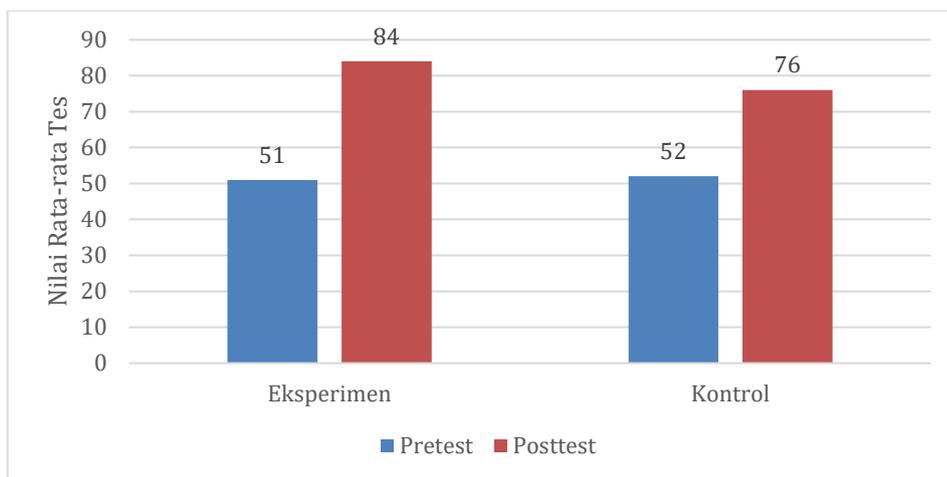
Kepraktisan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* didapatkan dari hasil angket respon peserta didik terhadap LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* pada uji coba lapangan. Angket respon peserta didik terbagi menjadi 4 aspek, yaitu aspek didaktik, aspek konstruksi, aspek teknis, dan aspek kepraktisan. Hasil analisis praktikalitas LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* disajikan pada Gambar 3.



**Gambar 3. Praktikalitas LKPD *PBL* Berbasis *STEM* Berbantuan *PhET Simulation***

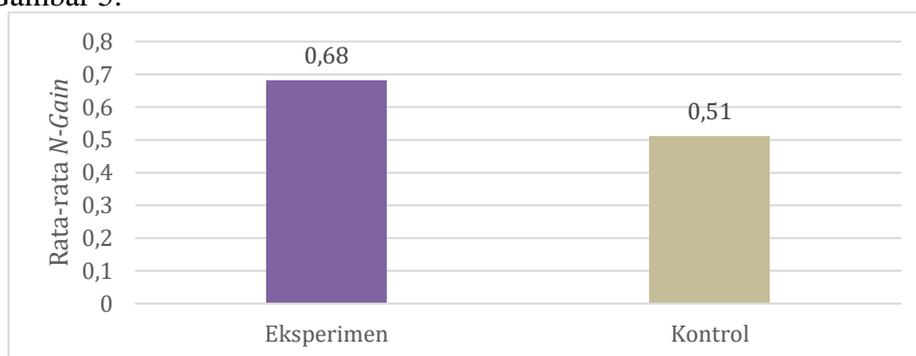
Berdasarkan Gambar 3. Hasil respon peserta didik pada uji coba Lapangan dapat dilihat jika aspek didaktik, konstruksi, teknis dan kepraktisan berturut-turut memiliki nilai sebesar 87%, 86%, 88%, dan 90%. Keempat aspek berada dalam kategori sangat praktis. Secara keseluruhan nilai rata-rata kepraktisan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* pada uji coba lapangan memiliki nilai sebesar 88% dengan kategori sangat praktis.

Peningkatan penguasaan materi peserta didik diukur menggunakan instrumen soal tes penguasaan materi yang terdiri dari soal *pretest* dan *posttest* dengan materi elastisitas dan hukum Hooke. Tes diujikan pada dua kelas yaitu kelas eksperimen dimana pembelajaran dilakukan menggunakan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* dan kelas kontrol pembelajaran dilakukan menggunakan media *Powerpoint*. Soal tes terdiri dari 15 butir soal pilihan ganda. Berikut merupakan hasil perbandingan nilai *pretest* dan *posttest* tes penguasaan materi pada tiap kelas disajikan pada Gambar 4.



**Gambar 4. Perbandingan Nilai *Pretest* dan *Posttest* Tes Penguasaan Materi**

Berdasarkan Gambar 4. dapat dilihat jika nilai rata-rata *pretest* dan *posttest* yang diperoleh pada kelas eksperimen secara berturut-turut adalah 51 dan 84, sedangkan nilai rata-rata *pretest* dan *posttest* pada kelas kontrol diperoleh berturut-turut sebesar 52 dan 76. Hal itu berarti terjadi peningkatan penguasaan materi peserta didik dengan nilai *N-Gain* yang dapat dilihat pada Gambar 5.

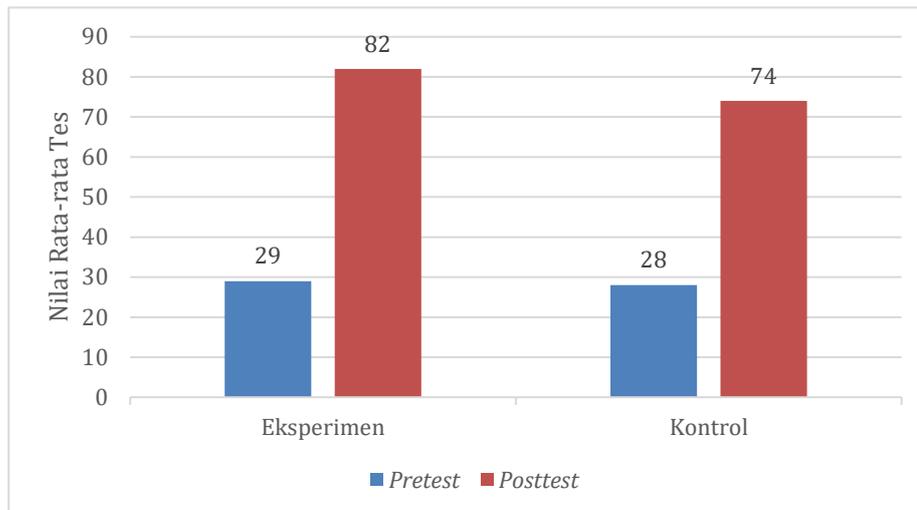


**Gambar 5. Hasil Analisis *N-Gain* Peningkatan Penguasaan Materi**

Berdasarkan Gambar 5. dapat dilihat jika nilai rata-rata *N-Gain* yang diperoleh pada kelas eksperimen sebesar 0,68 sedangkan rata-rata *N-Gain* kelas kontrol sebesar 0,51 yang keduanya masuk dalam kategori peningkatan sedang. Berdasarkan uji *Test of Between Subject Effect* diketahui nilai signifikansi untuk penguasaan materi sebesar  $0,005 < 0,05$  sehingga  $H_0$  ditolak dengan arti ada perbedaan peningkatan penguasaan materi antara peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Meskipun *N-Gain* kelas eksperimen dan kontrol sama-sama masuk dalam kategori peningkatan sedang, akan tetapi analisis *Test of Between Subject Effect* menunjukkan bahwa tetap terdapat perbedaan penguasaan materi antara peserta didik kelas eksperimen dan kontrol yang jika dilihat pada nilai *N-Gain*nya maka lebih tinggi nilai pada kelas eksperimen. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Palupi & Pujianto (2021) dan Ardani (2023) bahwa LKPD mampu meningkatkan penguasaan materi peserta didik.

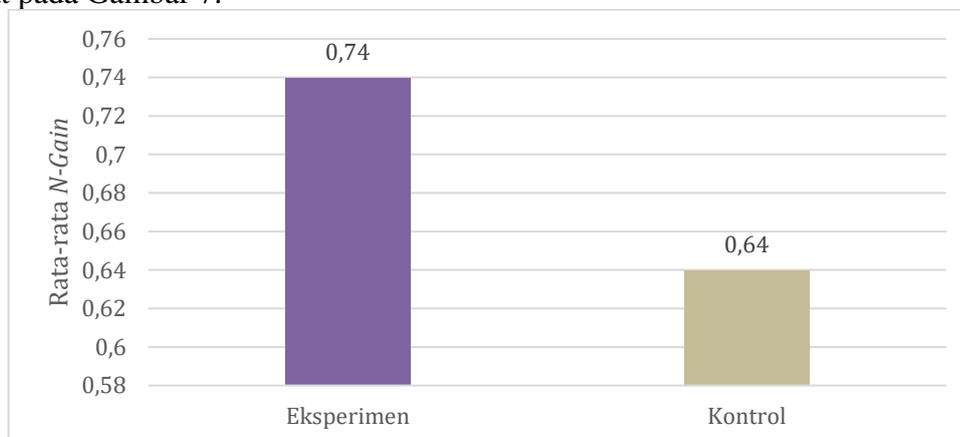
Peningkatan keterampilan pemecahan masalah peserta didik diukur menggunakan instrumen soal tes keterampilan pemecahan masalah yang terdiri dari soal *pretest* dan *posttest* dengan materi elastisitas dan hukum Hooke. Tes diujikan pada dua kelas yaitu kelas eksperimen dimana pembelajaran dilakukan menggunakan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* dan kelas kontrol pembelajaran dilakukan menggunakan media *Powerpoint*. Soal tes terdiri dari 5 butir soal uraian yang dibatasi pada indikator pemecahan

masalah yaitu *identify the problem, define terms, explore strategies, act on strategy, dan look at the effect*. Berikut merupakan hasil perbandingan nilai *pretest* dan *posttest* tes keterampilan pemecahan masalah pada tiap kelas disajikan pada Gambar 6.



**Gambar 6. Perbandingan Nilai *Pretest* dan *Posttest* Tes Keterampilan Pemecahan Masalah**

Berdasarkan Gambar 6. dapat dilihat jika nilai rata-rata *pretest* dan *posttest* yang diperoleh pada kelas eksperimen secara berturut-turut adalah 29 dan 82, sedangkan rata-rata *pretest* dan *posttest* pada kelas kontrol diperoleh berturut-turut sebesar 28 dan 74. Hal itu berarti terjadi peningkatan keterampilan pemecahan masalah peserta didik dengan nilai *N-Gain* yang dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7. Hasil Analisis *N-Gain* Peningkatan Keterampilan Pemecahan Masalah**

Berdasarkan Gambar 7. dapat dilihat jika nilai rata-rata *N-Gain* yang diperoleh pada kelas eksperimen sebesar 0,74 berada pada kategori peningkatan tinggi sedangkan rata-rata *N-Gain* kelas kontrol sebesar 0,64 yang berada pada kategori peningkatan sedang. Berdasarkan hasil uji *Test of Between Subject Effect* diketahui nilai signifikansi untuk keterampilan pemecahan masalah sebesar  $0,002 < 0,05$  sehingga  $H_0$  ditolak dengan arti ada perbedaan peningkatan keterampilan pemecahan masalah antara peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hal tersebut membuktikan bahwa peningkatan keterampilan pemecahan masalah pada kelas eksperimen lebih unggul yaitu dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,74 dibandingkan pada kelas kontrol dengan *N-Gain* sebesar 0,64. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Risamasu & Pieter (2024) bahwa LKPD mampu meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik.

Besarnya nilai keefektifan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* dapat dilihat berdasarkan nilai *partial eta squared* pada uji *MANOVA* yaitu bagian *parameter estimates*. Nilai tersebut menunjukkan keefektifan LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* dalam meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Diperoleh nilai *Partial Eta Squared* pada variabel penguasaan materi sebesar 0,738. Berdasarkan kategori *effect size*, nilai tersebut termasuk dalam kategori besar. Hal tersebut dapat diinterpretasikan jika LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* memberikan pengaruh peningkatan penguasaan materi sebesar 73,8%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Ardani (2023) yang menyatakan bahwa LKPD efektif digunakan untuk meningkatkan penguasaan materi peserta didik. Kemudian diperoleh nilai *Partial Eta Squared* pada variabel keterampilan pemecahan masalah sebesar 0,933 yang termasuk dalam kategori besar. Hal tersebut dapat diinterpretasikan jika LKPD *PBL* berbasis *STEM* berbantuan *PhET Simulation* memberikan pengaruh peningkatan keterampilan pemecahan masalah sebesar 93,3 %. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nidda *et al.*, (2022) yang menyatakan bahwa LKPD efektif digunakan untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik.

## **SIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa: 1) LKPD *PBL* Berbasis *STEM* Berbantuan *PhET Simulation* yang dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran fisika materi Elastisitas dan Hukum Hooke untuk meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik berdasarkan pada penilaian validator ahli, praktisi, dan hasil respon peserta didik yang berada dalam kategori sangat baik; 2) LKPD *PBL* Berbasis *STEM* Berbantuan *PhET Simulation* sangat praktis digunakan oleh peserta didik dalam pembelajaran fisika materi Elastisitas dan Hukum Hooke untuk meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah ditinjau dari nilai persentase praktikalitas yang berada dalam kategori sangat praktis; 3) LKPD *PBL* Berbasis *STEM* Berbantuan *PhET Simulation* mampu meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik ditinjau dari nilai *N-Gain* secara berturut-turut yang berada dalam kategori sedang dan kategori tinggi; 4) LKPD *PBL* Berbasis *STEM* Berbantuan *PhET Simulation* efektif digunakan dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan penguasaan materi dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik ditinjau dari hasil uji *effect size* yang berada dalam kategori besar. Hal yang bisa dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah pengembangan LKPD *PBL* Berbasis *STEM* Berbantuan *PhET Simulation* dengan topik bahasan fisika yang lebih luas dan variabel penelitian yang berbeda.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Fitri Sari Sukmawati, M.Pd selaku Kepala SMA Muhammadiyah 3 Yogyakarta, Bapak Miftah Nur Solikh, M.Pd. selaku guru pamong mapel fisika SMA Muhammadiyah 3 Yogyakarta dan peserta didik kelas XI MIPA 2, XI MIPA 3, dan XI MIPA 4 yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Abdurrahman, Ahmad, Y., & Muhammad, T. (2019). Pengaruh Pembelajaran Virtual Simulasi PheT Ditinjau dari Gender terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas XI SMAN 2 Makassar. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 1(2), 1–8.
- Audin, S., Sukariasih, L., & Syarifuddin. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dengan Model Problem Based Learning pada Materi Elastisitas dan Hukum

- Hooke untuk Peserta Didik SMA/MA Kelas XI. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 8(2), 90–98. <https://doi.org/10.36709/jipfi.v8i2.4>
- Azizah, R., Yuliati, L., & Latifa, E. (2015). Kesulitan Pemecahan Masalah Fisika Pada Siswa SMA. *Journal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 5(2), 44–50. <https://doi.org/10.1136/pgmj.53.620.343>
- Azizah, R., Yuliati, L., & Latifa, E. (2016). Kemampuan Pemecahan Masalah Melalui Pembelajaran Interactive Demonstration Siswa Kelas X SMA pada Materi Kalor. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 2(2), 55–60. <https://doi.org/10.29303/jpft.v2i2.289>
- Charli, L., Amin, A., & Agustina, D. (2018). Kesulitan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Fisika pada Materi Suhu dan Kalor di Kelas X SMA Ar-Risalah Lubuklinggau Tahun Pelajaran 2016/2017. *Journal of Education and Instruction (JOEAI)*, 1(1), 42–50. <https://doi.org/10.31539/joeai.v1i1.239>
- Charli, L., Ariani, T., & Asmara, L. (2019). Hubungan Minat Belajar terhadap Prestasi Belajar Fisika. *Science and Physics Education Journal (SPEJ)*, 2(2), 52–60. <https://doi.org/10.31539/spej.v2i2.727>
- Hegde, B., & Meera, B. N. (2012). How do they solve it? An insight into the learner's approach to the mechanism of physics problem solving. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.010109>
- Lase, N. K., & Lase, R. K. (2020). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (Lkpd) Berbasis Problem Based Learning Pada Materi Interaksi Makhluk Hidup Dengan Lingkungan Kelas Vii Smp. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 3(2), 450–461. <https://doi.org/10.31004/jrpp.v3i2.1693>
- Makrufi, A., Hidayat, A., Muhardjito, M., & Sriwati, E. (2016). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Sisiwa pada Materi Fluida Dinamis. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4(5), 332–340. <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/JPF/article/view/3604>
- Nasir, M., Sukiman, S., & Perianto, A. (2020). *Studi Pendahuluan Keterampilan Pemecahan Masalah dan Metakognisi Siswa SMA Berbasis UAPAC+SE*. 5, 1–13.
- Nidda, I., Taufik, M., Wahyudi, & Doyan, A. (2022). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model Inkuiri Terbimbing Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(4), 2355. <https://doi.org/10.29303/jpft.v8ispecialissue.3420>
- Palupi, F. R., & Pujiyanto. (2021). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-Lkpd) Berbasis Multimedia Guna Meningkatkan Penguasaan Materi Fisika Dan Kemandirian Belajar Peserta Didik Sma. *Jurusan Pendidikan Fisika*, 8(3), 1–10.
- Risa, E., Hakim, L., Ratnaningdyah, D., & Sulistyowati, R. (2021). Pengembangan Lkpd Berbasis Problem Solving Berbantuan Software Tracker Untuk Meningkatkan Keterampilan Pemecahan Masalah Di Sma. *Jambura Physics Journal*, 3(1), 42–53. <https://doi.org/10.34312/jpj.v3i1.8705>

- Risamasu, P., & Pieter, J. (2024). Pengembangan E-LKPD Berbasis Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 12(1), 443–453.
- Sjahir, A., & Jatmiko, B. (2015). Penerapan Pembelajaran dengan Model Project Based Learning Berbasis Laboratorium Virtual untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Materi Pemanasan Global. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika (JIPF)*, 04(03), 92–96.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1976). Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook. In *Eric. Indiana: ERIC*. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED090725.pdf>
- Uzlifat, A., Mustami, M., & Karim, H. (2018). Pengembangan Penuntun Praktikum Biologi Berbasis Inkuiri Terbimbing Untuk Kelas XI SMA. *Prosiding Seminar Nasional Biologi Dan Pembelajarannya*, 1–4.
- Wajdi, B., Hizbi, T., & Ruh Hayati, B. D. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Problem Based Learning (PBL). *Kappa Journal*, 7(3), 468–472. <https://doi.org/10.29408/kpj.v7i3.24200>