

**PENGEMBANGAN LKPD *GUIDED DISCOVERY* BERBANTU MEDIA PhET SIMULASI MATERI
EKSPRESI GEN UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS
TERINTEGRASI PESERTA DIDIK KELAS XII**

*Development of Guided discovery Worksheets Using PhET Media on Gene Expression Material
Simulation to Improve Integrated Science Process Skills of Grade XII Students*

Devina Rizky Rosalinur

Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: devinarizky.21038@mhs.unesa.ac.id

Isnawati

Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: Isnawati@unesa.ac.id

Abstrak

Keterampilan Proses Sains Terintegrasi (KPST) adalah kemampuan yang melibatkan serangkaian aktivitas ilmiah yang mengandalkan dasar-dasar keterampilan untuk membangun pengetahuan sekaligus memperdalam pemahaman melalui kegiatan investigasi. Penerapan model pembelajaran *guided discovery* dapat dimanfaatkan untuk memaksimalkan pengembangan KPST. Penelitian ini bertujuan menciptakan LKPD valid, praktis, dan efektif. LKPD yang dirancang berbantu laboratorium virtual berbasis simulasi PhET dengan materi ekspresi gen. Penelitian dilakukan dengan pendekatan pengembangan menggunakan model ADDIE, meliputi tahap *analyze, design, development, implementation, dan evaluation*. Teknik pengumpulan data terdiri dari lembar validasi LKPD, lembar observasi pelaksanaan LKPD, lembar tanggapan peserta didik, serta lembar soal pretest dan posttest. Validasi menunjukkan skor 3,85 yang menandakan LKPD sangat valid. Observasi pelaksanaan mendapatkan persentase 100%, sehingga tergolong sangat praktis. Respon positif yang diberikan peserta didik terhadap LKPD sebesar 94,53% termasuk kategori sangat praktis. Peningkatan KPST terlihat dari nilai *N-gain* sebesar 0,89 yang termasuk dalam kategori tinggi. Indikator KPST mencapai 58,07% pada *pre-test* dan meningkat menjadi 94,60% pada *post-test*. Kesimpulannya LKPD *guided discovery* dengan berbantu simulasi PhET yang dikembangkan terbukti valid, praktis, dan efektif.

Kata Kunci: LKPD, *guided discovery*, PhET simulasi, KPST, SMA.

Abstract

Integrated Science Process Skills (KPST) refer to the capability to perform a sequence of scientific procedures that utilize fundamental skills to construct knowledge and deepen understanding through investigative activities. The guided discovery learning model can be applied to enhance the development of KPST. This study aimed to create a valid, practical, and effective worksheets. The worksheets was developed with the assistance of a virtual laboratory, specifically the PhET simulation focused on gene expression material. This research is a development study following the ADDIE model, which includes analysis, design, development, implementation, and evaluation phases. Data collection methods involved worksheets validation sheets, worksheets implementation observation sheets, peserta didik response sheets, and pretest-posttest assessments. Validation results indicated that the developed worksheets scored 3.85, categorizing it as very valid. Observations during worksheets implementation revealed a 100% execution rate, rated as highly practical. The positive responses from peserta didik toward the worksheets reached 94.53%, falling within the very practical category. Integrated science process skills showed improvement, with an N-gain value of 0.89, classified as high. KPST indicators achieved 58.07% in the pre-test and increased to 94.60% in the post-test. Based on these findings, it can be concluded that the guided discovery worksheets aided by the PhET simulation is valid, practical, and effective.

Keywords: Worksheets, *guided discovery*, PhET simulation, KPST, high school.



PENDAHULUAN

Saat ini, dunia pendidikan tengah bertransformasi dari kurikulum 2013 menuju kurikulum merdeka yang mulai diterapkan sejak tahun 2021 (Sumandya *et al.*, 2022). Abad ke-21 dikenal sebagai era di mana banyak sektor mengalami perubahan dinamis dan perkembangan pesat, tak terkecuali bidang pendidikan. Di era ini, guru memegang peran sentral dalam membuat peserta didik menjadi manusia yang kompeten, menguasai berbagai disiplin ilmu, serta memiliki keterampilan holistik guna menghadapi tantangan era globalisasi dan revolusi industri 4.0 (Jufriadi *et al.*, 2022). Salah satu kemampuan penting yang mampu menjawab tantangan tersebut adalah Keterampilan Proses Sains Terintegrasi (KPST) (Miller *et al.*, 2021).

Keterampilan Proses Sains Terintegrasi (KPST) merupakan kemampuan yang mencakup aktivitas fundamental untuk membangun pengetahuan melalui rangkaian langkah penyelidikan atau pengamatan yang terstruktur secara sistematis (Darmaji *et al.*, 2019). Namun kenyataannya, KPST peserta didik saat ini masih berada pada level yang rendah. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru Biologi di kelas XII SMAN 17 Surabaya, diperoleh data bahwa kemampuan KPST siswa hanya mencapai 40%, yang tergolong kurang memadai. Banyak peserta didik yang masih membutuhkan pendampingan khususnya dalam menggali konsep serta mengasah keterampilan praktikum mereka.

KPST dapat diperkuat melalui keterlibatan aktif peserta didik dengan menggunakan metode *guided discovery* (Dewi *et al.*, 2017). Model *guided discovery* sangat tepat untuk digunakan dalam pembelajaran Biologi karena bidang ini menuntut peserta didik untuk menggali konsep dan fakta secara mendalam serta mengasah keterampilan proses sains (Abidah dan Yuliani, 2020). Pendekatan ini mendukung pelaksanaan pelatihan KPST melalui pemanfaatan bahan ajar yang relevan dan efektif, salah satunya yaitu Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Seiring kemajuan teknologi informasi dan komunikasi, para guru kini semakin mudah memanfaatkan teknologi untuk menyusun LKPD. Studi oleh Astuti *et al.* (2020) mengungkapkan bahwa penerapan LKPD berbantu teknologi mampu memberikan semangat peserta didik untuk belajar serta mendukung pencapaian kompetensi secara optimal.

Materi yang seringkali membingungkan peserta didik bisa menjadi lebih mudah dipahami dengan dukungan LKPD. Pada penelitian ini, fokus pembahasan adalah genetika, khususnya pada subtopik ekspresi gen. Bidang

genetika kerap dipandang sebagai cabang ilmu biologi yang rumit dan sulit untuk langsung dimengerti. Temuan dari Nusantara (2018) mengindikasikan bahwa peserta didik biasanya merasa pelajaran genetika itu melelahkan dan kurang menarik. Kompleksitas tinggi serta karakteristik yang sulit divisualisasikan membuat konsep genetika kerap menjadi tantangan bagi peserta didik. Dari hasil wawancara di SMAN 17 Surabaya, diketahui bahwa 8 dari 10 peserta didik menganggap materi genetika kurang efektif dalam membantu mereka memahami dan membentuk pola pikir tentang proses pewarisan sifat makhluk hidup.

Pemanfaatan simulasi PhET dalam pembelajaran konsep ekspresi gen dilakukan dengan memperlihatkan proses pembentukan RNA dari DNA melalui transkripsi, lalu bagaimana RNA tersebut berperan dalam sintesis protein melalui translasi. Peserta didik akan mengalami tiga tahap peristiwa utama dalam simulasi PhET terkait ekspresi gen ini. Pada tahap pertama, di layar ekspresi, peserta didik diajak untuk mengeksplorasi rangkaian utama kejadian dalam sel yang berujung pada pembentukan protein, dengan hasil akhir berupa kumpulan tiga jenis protein yang berbeda. Tahap kedua berlangsung di layar mRNA, di mana peserta didik akan mempelajari berbagai faktor yang memengaruhi proses transkripsi, termasuk konsentrasi dan afinitas faktor transkripsi yang bersifat positif maupun negatif, serta afinitas RNA polimerase. Tahap ketiga, di layar multiple cells, peserta didik akan menyelidiki faktor-faktor yang berperan dalam sintesis protein di dalam sel dan menghubungkan produksi protein pada satu sel dengan jumlah produksi dari kelompok sel. (Rouinfar & Dalton, 2023).

Berdasarkan latar belakang meliputi rendahnya kemampuan peserta didik dalam KPST, rumitnya materi tentang ekspresi gen yang sulit untuk dipahami secara langsung, serta adanya kebutuhan akan media pembelajaran yang mampu menggambarkan konsep tersebut secara visual, maka sangat diperlukan pengembangan LKPD yang memiliki validitas, kepraktisan, dan efektivitas tinggi. LKPD yang terbukti valid, mudah diaplikasikan, dan efisien menjadi elemen penting dalam proses pembelajaran tatap muka sehingga secara signifikan mempengaruhi kualitas serta hasil belajar peserta didik. Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa LKPD berbasis metode *guided discovery* dengan bantuan simulasi PhET dapat melatih KPST peserta didik secara optimal. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah menciptakan LKPD *guided*

discovery yang memanfaatkan simulasi PhET yang valid, praktis, dan efektif.

METODE

LKPD yang dikembangkan menggunakan model ADDIE, yang terdiri dari 5 tahap yang meliputi *Analyze*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Model ADDIE dipilih karena pendekatannya yang sistematis dan menyediakan urutan langkah yang jelas dalam proses pembuatan produk. Selain itu, tahapan-tahapannya yang sederhana dan mudah dimengerti menjadikan model ini sangat praktis untuk diterapkan dalam penyusunan materi ajar (Sugiyono, 2019).

Tahap analisis merupakan proses pengumpulan data yang akan menjadi dasar dalam pembuatan produk. Dilakukan analisis terhadap kurikulum, materi, serta tugas yang relevan. Analisis kurikulum fokus pada capaian pembelajaran fase F dalam kurikulum merdeka. Materi yang dianalisis mencakup ekspresi gen, meliputi sintesis protein, faktor produksi mRNA, serta perbedaan ekspresi gen antara organisme uniseluler dan multiseluler. Sedangkan analisis tugas dilakukan dengan merujuk pada tujuan pembelajaran, tahapan *guided discovery*, dan indikator KPST. Dari hasil analisis tersebut, ditemukan bahwa peserta didik kelas XII mampu berpikir secara abstrak dan logis, memiliki keahlian dalam mengembangkan hipotesis, melakukan analisis sampai dengan menarik kesimpulan, serta mampu menerapkan logika dalam bekerja secara sistematis dan efektif (Budiningih, 2015).

Pada proses perancangan LKPD, terdiri atas layar ekspresi, layar mRNA, serta layar multiple cell. LKPD ini juga menyertakan berbagai tugas yang dirancang khusus untuk mengasah KPST sekaligus menghadirkan sampul yang menarik lengkap dengan fitur-fitur pendukungnya. Desain LKPD dibuat semenarik mungkin agar meningkatkan pengalaman belajar peserta didik serta membuat proses pembelajaran yang berkesan penuh makna.

Pada tahap pengembangan, rancangan diolah dan disempurnakan hingga menjadi LKPD akhir. Proses ini meliputi tinjauan dan revisi draf pertama dan kedua, serta validasi oleh dosen ahli dan guru Biologi menggunakan skala Likert 4 poin. Nilai rata-rata tiap aspek diklasifikasikan sebagai kurang valid (1,00–1,75), cukup valid (1,76–2,50), valid (2,51–3,25), dan sangat valid (3,26–4,00). LKPD dianggap layak jika skor validitasnya di atas 2,51.

Pada fase pelaksanaan, LKPD yang sudah disusun digunakan secara mandiri oleh peserta didik dalam

situasi pembelajaran yang sesungguhnya. Uji coba terbatas dilakukan pada 23 peserta didik kelas XII SMAN 17 Surabaya tanpa adanya bimbingan langsung dari guru, sehingga kemampuan belajar secara mandiri dapat diukur dengan akurat. Selama proses berlangsung, dilakukan pengamatan untuk mengukur keterlibatan aktif serta pemahaman konsep yang diperoleh peserta didik. Penilaian observasi memakai skala guttman dengan pilihan “tidak” (0) dan “ya” (1), hasilnya dirata-ratakan dalam persentase dan dikategorikan sebagai berikut: 0-40% (tidak praktis), 41-55% (kurang praktis), 56-70% (cukup praktis), 71-85% (praktis), dan 86-100% (sangat praktis). Masukan diperoleh melalui kuesioner dan diskusi kelompok yang berfokus pada pengalaman peserta didik dalam menggunakan LKPD. Penilaian angket respons peserta didik juga menggunakan skala *guttman* “tidak” (0) dan “ya” (1), yang kemudian dirata-ratakan dan diinterpretasi menurut kategori yang sama. Data hasil implementasi ini kemudian dianalisis untuk melakukan perbaikan dan penyempurnaan LKPD sebelum diterapkan pada lingkup yang lebih luas.

Pada fase evaluasi, peneliti melakukan pengkajian mendalam terhadap hasil penerapan LKPD yang telah diuji coba dalam skala kecil guna menemukan berbagai kekurangan dan kelemahan yang ada. Umpan balik dari para validator ahli turut dikumpulkan sebagai bahan utama dalam proses perbaikan. Selain itu, data kuantitatif dan kualitatif yang dikumpulkan melalui angket, wawancara, dan observasi dianalisis untuk menilai sejauh mana LKPD efektif dalam mendukung proses pembelajaran. Temuan dari evaluasi ini kemudian digunakan untuk menyempurnakan desain, isi, serta aktivitas LKPD agar lebih sesuai dengan kebutuhan peserta didik dan sasaran pembelajaran.

Keabsahan empiris LKPD yang diuji melalui tes KPST didasarkan pada perbandingan hasil *pre-test* dan *post-test* setelah penggunaan LKPD. Evaluasi dari *pre-test* dan *post-test* dilakukan dengan menganalisis persentase pencapaian tiap indikator KPST. Selanjutnya, peningkatan skor KPST dari *pre-test* ke *post-test* diukur menggunakan *N-gain* score, dengan kriteria sebagai berikut: nilai ($<g>$) $> 0,7$ dikategorikan tinggi, nilai antara 0,3 sampai 0,7 dikategorikan sedang, dan nilai di bawah 0,3 dianggap rendah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pengembangan ini diarahkan untuk menciptakan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis *guided discovery* dengan berbantu simulasi PhET, yang berfokus topik ekspresi gen guna

meningkatkan keterampilan proses sains terintegrasi peserta didik secara valid, praktis, dan efektif. Output penelitian ini meliputi evaluasi dari dosen ahli, guru biologi, serta uji coba yang telah dilakukan pada 23 peserta didik kelas XII di SMAN 17 Surabaya.

Dokumen LKPD ini terdiri dari beberapa bagian penting seperti sampul, kata pengantar, daftar isi, panduan pemakaian, peta konsep, identitas peserta didik, alokasi waktu, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, ringkasan materi, serta kegiatan praktikum yang dirancang berdasarkan sintaks *guided discovery*. LKPD yang disusun bertujuan untuk meningkatkan keterampilan proses sains secara terpadu melalui praktikum dan penyajian informasi yang mendukung peserta didik dalam mencapai indikator KPST. Indikator tersebut mencakup kemampuan membuat rumusan masalah, hipotesis, melaksanakan praktikum, menyajikan serta menganalisis data, hingga membuat kesimpulan. Penilaian terhadap kelayakan produk LKPD berbasis *guided discovery* meliputi tiga kategori utama, yaitu validitas, kepraktisan, dan keefektifan. Penjabaran dari aspek penilaian tersebut diuraikan mendetail pada bagian berikutnya.

1. Validasi

Dalam konsepnya, validitas LKPD dievaluasi oleh tiga validator, yakni dua dosen pakar dan seorang guru Biologi. Proses validasi ini bertujuan untuk melakukan peninjauan serta penyempurnaan LKPD sebelum tahap uji coba guna mengukur tingkat kepraktisan dan efektivitasnya. Berdasarkan ringkasan hasil penilaian dari ketiga validator tersebut, LKPD yang menggunakan pendekatan *guided discovery* masuk dalam kategori sangat valid pada aspek penyajian, konten atau isi, dan kebahasaan. Rekapitulasi data validitas termuat dalam tabel berikut

Tabel 1. Rekapitulasi Validitas LKPD.

No.	Aspek	Rata-rata	Kriteria
1	Komponen penyajian	3,84	Sangat Valid
2	Komponen isi	3,93	Sangat Valid
3	Komponen kebahasaan	3,61	Sangat Valid
Rata-rata		3,85	Sangat Valid

Hasil validasi LKPD terlihat bahwa tingkat kevalidan kategori sangat tinggi dengan skor rata-rata keseluruhan mencapai 3,85. Evaluasi telah dilaksanakan diketiga aspek utama, yaitu penyajian, konten atau isi, dan unsur kebahasaan, yang masing-masing memperoleh skor rata-rata sebesar 3,84; 3,93; dan 3,61. Di antara komponen dalam aspek penyajian, bagian gambar mendapatkan

skor paling rendah, yakni 3,55 disebabkan oleh belum tercantumnya sumber gambar dengan benar, seperti dari buku atau jurnal, serta adanya gambar yang kurang mewakili materi. Hal ini sesuai pendapat Hariadi (2016) yang menyatakan bahwa gambar dalam LKPD sebagai elemen dua dimensi secara visual membantu peserta didik memahami sebuah informasi atau ide lebih jelas dibandingkan hanya dengan teks. Secara keseluruhan aspek penyajian LKPD yang dikembangkan tetap masuk dalam kategori sangat valid, karena penyusunan LKPD telah menyesuaikan tema dan materi ekspresi gen dengan petunjuk penggunaan yang lengkap dan tata letak yang rapi.

Aspek isi mencakup kesesuaian materi dengan konsep mendapatkan rata-rata skor 4, kesesuaian LKPD dengan fase *guided discovery* mendapatkan rata-rata skor 4, kesesuaian LKPD untuk meningkatkan KPST meliputi LKPD meningkatkan merumuskan masalah mendapatkan rata-rata skor 3,88, LKPD terbukti efektif dalam melatih kemampuan merumuskan hipotesis dengan skor rata-rata sebesar 3,77. Selain itu, LKPD juga mendorong peningkatan aktivitas eksperimen dengan capaian rata-rata 3,88. Kemampuan menyajikan serta menganalisis data turut berkembang dengan skor rata-rata 4, begitu pula dengan keterampilan menyusun kesimpulan yang memperoleh skor rata-rata yang sama. Secara keseluruhan, aspek isi dalam LKPD meraih nilai rata-rata 3,93 dan dikategorikan sebagai sangat valid. Dalam proses pengembangannya, materi pembelajaran disajikan secara optimal sehingga memberikan kontribusi besar dalam mendukung pemahaman peserta didik selama kegiatan belajar berlangsung. (Kristiyowati, 2018).

Aspek kebahasaan, meliputi kaidah bahasa dan penyusunan kalimat sesuai PUEBI, masing-masing meraih skor rata-rata 3,66 dan 3,55. Secara keseluruhan, aspek ini mendapatkan skor rata-rata 3,61 yang tergolong sangat valid. Aspek kebahasaan berperan penting dalam penyusunan bahan ajar agar peserta didik mudah memahami makna serta menghindari kesalahan penafsiran pada LKPD. Para validator menyoroti perlunya penggunaan huruf miring untuk istilah asing, perbaikan ejaan kata, serta penyesuaian tanda baca yang masih kurang akurat. Pilihan kata dan struktur kalimat dalam LKPD sangat menentukan kemudahan pemahaman selama proses pembelajaran, sehingga disarankan menggunakan susunan kalimat yang ringkas, lugas, dan mudah dipahami (Syarifuddin, 2022). Selain itu, ketepatan penggunaan bahasa turut mempengaruhi

sejauh mana konsep dapat dicerna dengan baik (Sihafudin & Trimulyono, 2020).

2. Kepraktisan

Tingkat kepraktisan LKPD berbasis *guided discovery* dinilai melalui tiga indikator, yaitu hasil observasi terhadap keterlaksanaan aktivitas saat penggunaan LKPD, tanggapan peserta didik melalui angket setelah penggunaan LKPD, serta nilai dari hasil pengerjaan LKPD. Penjelasan untuk masing-masing aspek tersebut disajikan pada bagian berikut.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Observasi.

No.	Aspek	Rata-rata	Kriteria
1	Aktivitas Pembelajaran Menggunakan	100%	Sangat Valid
No.	Aspek	Rata-rata	Kriteria
	LKPD <i>guided discovery</i> Berbantu Media PhET Simulasi		
2	Aktivitas Keterampilan Proses Sains Terintegrasi (KPST)	100%	Sangat Valid
	Rata-rata	100%	Sangat Valid

Secara keseluruhan, peserta didik sudah melaksanakan kegiatan yang termuat dalam LKPD dengan terstruktur. Berdasarkan pemaparan pembahasan diatas kepraktisan LKPD didasarkan pada hasil observasi keterlaksanaan aktivitas peserta didik mendapatkan rata-rata persentase skor 100% dengan kategori sangat praktis yang menunjukkan bahwa LKPD yang berfokus pada materi ekspresi gen untuk meningkatkan KPST dapat dikatakan praktis untuk digunakan.

Kepraktisan LKPD *guided discovery* berbantu media PhET simulasi dinilai dari hasil respons peserta didik melalui angket respons dengan rekapitulasi berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi Angket Respon.

No.	Aspek	Rata-rata Respon Positif	Kriteria
1	Komponen penyajian	96,08%	Sangat Praktis
2	Komponen isi	99,13%	Sangat Praktis
3	Komponen kebahasaan	88,40%	Sangat Praktis
	Rata-rata	94,53%	Sangat Praktis

Dari hasil angket respons yang diisi oleh peserta didik, diperoleh nilai rata-rata sebesar 94,53% untuk ketiga aspek penggunaan LKPD, yang mengindikasikan tingkat kepraktisan yang sangat tinggi. Hal ini menandakan bahwa LKPD *guided discovery* yang dibantu oleh media simulasi PhET mendapat sambutan positif dari peserta didik. Menurut Syafitri & Tressyalina (2020), penerapan LKPD dapat berperan sebagai alat yang efektif untuk meningkatkan minat belajar peserta didik. Selama proses uji coba, peserta didik menunjukkan antusiasme besar serta ketertarikan yang kuat dalam mengikuti seluruh rangkaian pembelajaran menggunakan LKPD, terutama karena metode *guided discovery* yang dilengkapi dengan simulasi PhET ini belum pernah mereka alami sebelumnya.

Hasil pengerjaan LKPD oleh peserta didik menjadi data pendukung dalam kepraktisan LKPD yang dikembangkan yang termuat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai Hasil LKPD

No.	Fase <i>Guided Discovery</i> dan KPST	K 1	K 2	K 3	K 4	Skor Max
Stimulasi dan identifikasi masalah						
1.	Merumuskan masalah	10	8	10	10	10
2.	Merumuskan hipotesis	8	8	10	8	10
3.	Mengidentifikasi variabel	8	8	10	10	10
4.	Melaksanakan praktikum	15	10	15	10	20
5.	Menyajikan data	20	18	20	20	20
6.	Menganalisis data	10	12	10	12	20
7.	Merumuskan kesimpulan	10	10	10	10	10
Nilai hasil pengerjaan LKPD		81	74	85	80	100
Rata-rata nilai LKPD		80				

Keterangan:

K1 : Kelompok 1

K2 : Kelompok 2

K3 : Kelompok 3

K4 : Kelompok 4

Hasil pengerjaan LKPD oleh peserta didik menjadi data pendukung nilai kepraktisan LKPD yang dikembangkan. Terdapat 4 kelompok peserta didik yang mengerjakan LKPD *guided discovery* untuk meningkatkan KPST. Setiap indikator menunjukkan adanya hubungan antara sintaks *guided discovery* dengan indikator KPST dengan total 7 indikator yang berbeda.

3. Keefektifan

Keefektifan LKPD diukur dari hasil belajar peserta didik sesuai KPST dan indikatornya. Data hasil belajar peserta didik tercantum pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi *Pre-test* dan *Post-test*

No.	Kode Peserta Didik	Nilai				N-gain
		Pre-test	Ket	Post-test	Ket	
1.	S01	45	TT	90	T	0,81
2.	S02	72,5	TT	93	T	0,74
3.	S03	72,5	TT	90	T	0,63
4.	S04	50	TT	90	T	0,8
5.	S05	52,5	TT	90	T	0,78
6.	S06	50	TT	90	T	0,8
7.	S07	55	TT	92,5	T	0,83
No.	Kode Peserta Didik	Nilai				N-gain
		Pre-test	Ket	Post-test	Ket	
8.	S08	42,5	TT	92,5	T	0,86
9.	S09	52,5	TT	92,5	T	0,84
10.	S10	57,5	TT	90	T	0,76
11.	S11	60	TT	97,5	T	0,93
12.	S12	60	TT	90	T	0,75
13.	S13	52,5	TT	92,5	T	0,84
14.	S14	45	TT	92,5	T	0,86
15.	S15	52,5	TT	92,5	T	0,84
16.	S16	42,5	TT	92,5	T	0,86
17.	S17	55	TT	90	T	0,77
18.	S18	50	TT	95	T	0,9
19.	S19	55	TT	95	T	0,88
20.	S20	55	TT	100	T	1
21.	S21	32,5	TT	90	T	0,85
22.	S22	60	TT	90	T	0,75
23.	S23	57,5	TT	90	T	0,76
		53,3	TT	92,08	T	0,82
		6				
Rata-Rata		0%		100%		Tinggi

Keterangan :

T: Tuntas

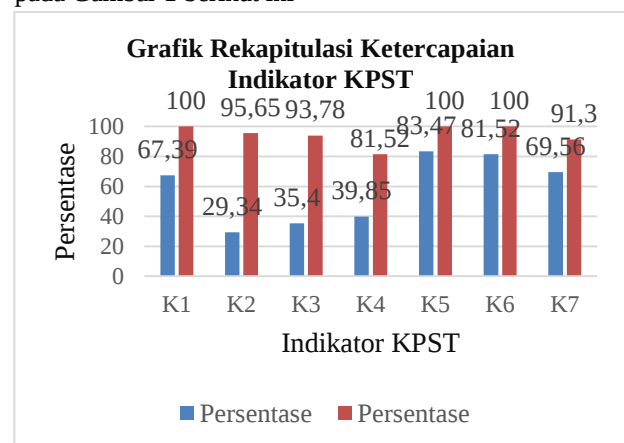
TT: Tidak tuntas

Keberhasilan LKPD *guided discovery* dengan media simulasi PhET dapat dilihat dari perbandingan hasil *pre-test* dan *post-test* peserta didik. Pada *pre-test*, tidak ada

peserta didik yang mencapai ketuntasan (0%) karena materi ekspresi gen perlu diulang dan soal memiliki tingkat kognitif tinggi (C4 hingga C6). Namun, pada *post-test*, seluruh peserta didik (100%) berhasil mencapai ketuntasan indikator KPST. Rendahnya KPST awal disebabkan pembelajaran yang lebih fokus pada aspek kognitif tanpa praktik langsung, karena praktikum jarang dilakukan oleh peserta didik (Tyas *et al.*, 2020). Mardaleni (2019) juga menyebutkan bahwa pembelajaran biologi masih didominasi guru dan lebih menekankan hasil akhir daripada pengembangan proses dan sikap ilmiah.

Berdasarkan Tabel 5 terdapat satu peserta didik dengan kode S03 yang mendapatkan *N-gain* yang lebih rendah dibandingkan dengan peserta didik yang lain. Hal ini dikarenakan hasil dari *pre-test* yang diperoleh lebih besar dibandingkan dengan peserta didik yang lain, sehingga peningkatan yang diperoleh dari *pre-test* hingga *post-test* tidak terlalu signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik dengan nilai *pre-test* tinggi memiliki ruang peningkatan yang lebih sempit, sehingga *N-gain* yang diperoleh cenderung lebih rendah dibandingkan dengan peserta didik yang memiliki nilai *pre-test* rendah.

Keberhasilan pencapaian indikator KPST dinilai melalui perbandingan hasil *pre-test* dan *post-test* peserta didik. Dalam LKPD yang disusun, terdapat tahap-tahap *guided discovery* yang mencakup indikator KPST yang harus dicapai oleh peserta didik, sebagaimana terlihat pada Gambar 1 berikut ini



Keterangan:

K1 : Merumuskan masalah

K2 : Merumuskan hipotesis

K3 : Mengidentifikasi variabel

K4 : Melakukan percobaan

K5 : Menyajikan data

K6 : Menganalisis data

K7 : Menarik kesimpulan

Gambar 1 memperlihatkan adanya peningkatan persentase pencapaian tiap indikator antara *pre-test* dan *post-test*. Secara menyeluruh KPST menunjukkan perkembangan yang signifikan. Indikator dengan kenaikan paling menonjol meliputi kemampuan merumuskan masalah, menyajikan data, dan menganalisis data. Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik telah menguasai dengan baik ketiga aspek tersebut. Tidak hanya sekadar memahami konsep, peserta didik juga mampu menerapkan langkah-langkah ilmiah secara sistematis dan terstruktur. Peningkatan kemampuan dalam merumuskan masalah menandakan bahwa peserta didik mampu mengidentifikasi fenomena ilmiah dengan sikap kritis (Suparman *et al.*, 2020). Keterampilan dalam menyajikan data yang semakin baik membantu peserta didik dalam memperdalam pemahaman konsep melalui representasi visual hubungan antar variabel (Sumarni & Widodo, 2019). Sedangkan peningkatan dalam menganalisis data mengindikasikan bahwa peserta didik mampu menginterpretasi hasil data secara tepat dan menyusun kesimpulan yang logis (Nur *et al.*, 2021).

Indikator keterampilan proses sains terintegrasi yang menunjukkan persentase ketuntasan yang masih rendah pada aspek melakukan percobaan. Rendahnya persentase ini terjadi karena peserta didik harus menyesuaikan diri dengan penggunaan laboratorium virtual, yang merupakan pengalaman pertama mereka dalam pembelajaran tersebut. Terdapat tiga percobaan yang wajib dilakukan menggunakan simulasi PhET. Pada percobaan pertama, peserta didik akan mengeksplorasi urutan utama peristiwa di dalam sel yang berperan dalam proses sintesis protein. Percobaan kedua mengajak peserta didik mengamati berbagai faktor yang memengaruhi transkripsi pada layar mRNA. Sedangkan percobaan ketiga, peserta didik menjelajahi pengaruh faktor-faktor terhadap sintesis protein pada layar multiple cells. Untuk membantu peserta didik menjalani praktikum dengan lebih mudah, penyediaan petunjuk yang rinci dan visual berupa gambar seperti yang tertera dalam LKPD sangat dianjurkan.

PENUTUP

Simpulan

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa LKPD *guided discovery* yang didukung oleh media simulasi PhET pada materi ekspresi gen mampu meningkatkan keterampilan proses sains terintegrasi (KPST) dengan validitas, kepraktisan, dan efektivitas yang teruji. Secara teoritis, LKPD ini layak digunakan, dibuktikan dengan validitas dari dosen ahli dan guru biologi yang memberikan skor

rata-rata sebesar 3,85 dalam kategori sangat valid. Dari sisi kepraktisan, LKPD ini juga memenuhi kriteria layak secara empiris, terlihat dari hasil observasi pelaksanaan aktivitas peserta didik yang meraih skor rata-rata 100%, sehingga masuk kategori sangat praktis. Selain itu, kepraktisan LKPD turut didukung oleh hasil angket respons peserta didik yang menunjukkan skor rata-rata positif sebesar 94,53%, juga diklasifikasikan sebagai sangat praktis. Dari segi efektivitas, LKPD ini terbukti layak secara empiris berdasarkan evaluasi hasil belajar peserta didik dengan nilai rata-rata *N-gain* sebesar 0,82, yang termasuk dalam kategori tinggi

Saran

Peneliti merekomendasikan dilakukannya penelitian lanjutan yang memanfaatkan jumlah responden lebih dari 23 orang untuk memperluas penerapan. Dengan begitu, LKPD *guided discovery* pada materi ekspresi gen dapat efektif dalam meningkatkan keterampilan proses sains secara terintegrasi dan mendukung pembelajaran. Diperlukan penyesuaian waktu yang optimal bagi peserta didik dalam setiap aktivitas yang tercantum di LKPD agar proses belajar menjadi lebih terstruktur dan berjalan dengan baik.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Guntur Trimulyono, S.Si., M.Sc. serta Ibu Lisa Lisdiana, Ph.D. atas masukan dan tinjauan konstruktif terhadap LKPD yang dikembangkan. Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu Inarni, S.Pd. guru Biologi atas arahnya, serta kepada peserta didik kelas XII SMA Negeri 17 Surabaya yang telah aktif berpartisipasi dalam uji coba dan memberikan umpan balik terkait LKPD yang dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidah, S. D., & Yuliani, Y. 2020. The Validity and Practicality of Student Worksheet Based on Guided discovery to Practice Integrated Science Process Skills in Class XII Enzyme Submaterials. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 9(3), 422–432. Ilmiah Pendidikan Biologi, 9(3), 422–432.
- Astuti, P., Sari, R., & Wibowo, A. 2020. Pengaruh Penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Teknologi Terhadap Motivasi Belajar Murid Pada Mata Pelajaran Matematika di Kelas VI SD. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 11(1), 1-10.
- Budiningsih, A. 2015. *Teori Pembelajaran*. Yogyakarta: UNY Press.
- Darmaji, D., Kurniawan, D. A., & Irdianti, I. 2019. *Physics Education Students' Science Process Skills*.



- International Journal of Evaluation and Research in Education, 8(2), 293–298.
- Dewi, V. P., Doyan, A., & Soeprianto, H. 2017. Pengaruh Model Penemuan Terbimbing terhadap Keterampilan Proses Sains Ditinjau dari Sikap Ilmiah pada Pembelajaran IPA. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 3(1), 60–67.
- Hariadi, A. 2016. Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Gambar Proses dalam Pembelajaran IPA SMP. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4(5):433-441.
- Jufriadi, A., Huda, C., Aji, S.D., Pratiwi, H.Y., & Ayu, H.D. 2022. Analisis Keterampilan Abad 21 melalui Implementasi Kurikulum Merdeka Belajar Kampus Merdeka. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*. 7 (1), 39-53.
- Kristyowati, R. 2018. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) IPA Sekolah Dasar Berorientasi Lingkungan. *Prosiding Seminar Dan Diskusi Nasional Pendidikan Dasar 2018*. 284.
- Mardaleni. 2019. Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terhadap Keterampilan Proses Sains (KPS) Peserta Didik pada Materi Sistem Koordinasi Kelas XI SMA Negeri 1 Indralaya Selatan. *Skripsi*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Miller, B.A.K., Stenvenson, A.D., & Casler-Failing, S.L. 2021. Expanding STEM Membership: Using Science Process Skills in a Social Justice Curriculum to Combat Stereotype Threats and Build Self Efficacy in African American Students. *Journal of Educational Research and Practice*, 11(1), 257–276.
- Nur, M., Anwar, Y., & Hasanah, N. 2021. Problem-Based Learning In Science: A Review Of Literature. *Journal of Science Education Research*, 5(2), 134–140.
- Nusantari, E. 2018. Analisis dan Penyebab Miskonsepsi pada Materi Genetika Buku SMA Kelas XII. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 4(2), 72-85.
- Rouinfar, D., & Dalton, B. 2023. *Gene Expression Essentials: Tips for Teachers*. PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.
- Sihafudin, A., & Trimulyono, G. 2020. Validitas dan Keefektifan LKPD Pembuatan Virgin Coconut Oil Secara Enzimatis Berbasis PBL untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains pada Materi Bioteknologi. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 9(1), 73–79.
- Sugiyono. 2019. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung : Alfabeta.
- Sumarni, W., & Widodo, W. 2019. Project-Based Learning Model To Develop Scientific Attitude And Creative Thinking Skills Of Undergraduate Chemistry Students. *Journal of Technology and Science Education*, 9(1), 122–132.
- Suparman, U., Sutopo, & Rahmawati, Y. 2020. Enhancing Students' Science Process Skills Through Guided Inquiry Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(2), 022059.
- Syaifudin, M. 2022. Efektivitas E-LKPD Berbasis STEM untuk Menumbuhkan Keterampilan Literasi Numerasi dan Sains dalam Pembelajaran Listrik Dinamis di SMA Negeri 1 Purbalingga. *Jurnal Riset Pendidikan Indonesia*, 2 (2), 211-220.
- Tyas, R. A., Wilujeng, I., dan Suyanta, S. 2020. Pengaruh Pembelajaran IPA Berbasis *Discovery Learning* Terintegrasi Jajanan Lokal Daerah Terhadap Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*. Vol. 6 (1): hal. 114-125.