

**PENGEMBANGAN *e*-LKPD BERBASIS PjBL-STEM BERDIFERENSIASI
UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS
DAN LITERASI SAINS PESERTA DIDIK**

(Tesis)

Oleh

**KESI MEIRAWATI
2223025004**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN *e*-LKPD BERBASIS PjBL-STEM BERDIFERENSIASI UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN LITERASI SAINS PESERTA DIDIK

Oleh

KESI MEIRAWATI

Penelitian ini bertujuan mengembangkan *e*-LKPD berbasis PjBL-STEM berdiferensiasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains. Metode penelitian ini mengacu pada model pengembangan Gall et al. Pada tahap studi lapangan melibatkan 115 peserta didik dan 34 guru IPA, tahap uji lapangan terbatas *e*-LKPD divalidasi oleh 3 validator, uji lapangan utama melibatkan 15 peserta didik dan 3 guru IPA, sedangkan uji coba lapangan operasional melibatkan 62 peserta didik pada kelas IX A dan IX B di SMPN Satu Atap 2 Jati Agung menggunakan *the matching only pretes-postes control group design*. Penelitian ini menggunakan data kualitatif berupa angket kebutuhan pendidik dan peserta didik, angket validasi *e*-LKPD oleh ahli, angket respon pendidik dan peserta didik, dan data kuantitatif keterampilan berpikir kritis dan literasi sains berupa *pretest-postest*. Data kualitatif dianalisis menggunakan analisis deskriptif sedangkan data kuantitatif keterampilan berpikir kritis dan literasi sains dianalisis menggunakan uji *independent sample t-test* dengan *software SPSS versi 25.0*. Hasil validasi *e*-LKPD oleh ahli menyatakan bahwa *e*-LKPD valid dengan kriteria “sangat tinggi”, dan *e*-LKPD praktis dengan kriteria “sangat tinggi”. Hasil uji lapangan operasional menunjukan bahwa *e*-LKPD PjBL-STEM berdiferensiasi efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik ditunjukkan dengan nilai *sig.2 tailed* sebesar 0,000 artinya rata-rata nilai keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Rata-rata *n-gain* keterampilan berpikir kritis dan literasi sains berturut-turut 0,71 dan 0,72 serta nilai *effect size* berturut-turut “1,29” dan “1,48”. Hal ini didukung data kualitatif peserta didik setelah pembelajaran bahwa *e*-LKPD berbasis PjBL-STEM berdiferensiasi menarik.

Kata kunci : PjBL-STEM, berdiferensiasi, keterampilan berpikir kritis, literasi sains

ABSTRACT

DEVELOPING DIFFERENTIATED PjBL-STEM-BASED WORKSHEETS TO IMPROVE STUDENTS' CRITICAL THINKING SKILLS AND SCIENCE LITERACY

By

KESI MEIRAWATI

This study aims to develop a differentiated PjBL-STEM based worksheets to improve critical thinking skills and scientific literacy. This research method refers to the development model of Gall et al. In the field study stage involving 115 students and 34 science teachers, the limited field test stage of worksheets was validated by 3 validators, the main field test involved 15 students and 3 science teachers, while the operational field trial involved 62 students in grades IX A and IX B at SMPN Satu Atap 2 Jati Agung using the matching only pretest-posttest control group design. This study used qualitative data in the form of questionnaires on educators' and students' needs, questionnaires on worksheets validation by experts, questionnaires on educators' and students' responses, and quantitative data on critical thinking skills and scientific literacy in the form of pretest-posttest. Qualitative data were analyzed using descriptive analysis while quantitative data on critical thinking skills and scientific literacy were analyzed using independent sample t-test with SPSS software version 25.0. The results of the worksheets validation by experts stated that the worksheets was valid with the criteria of “very high”, and the worksheets was practical with the criteria of “very high”. The results of the operational field test showed that the differentiated PjBL-STEM worksheets effectively improved students' critical thinking skills and scientific literacy, indicated by a sig.2 tailed value of 0.000, meaning that the average value of critical thinking skills and scientific literacy of students in the experimental class was higher than the control class. The average n-gain of critical thinking skills and scientific literacy were 0.71 and 0.72, respectively, and the effect size values were “1.29” and “1.48”, respectively. This is supported by qualitative data from students after learning that the differentiated PjBL-STEM-based worksheets was interesting.

Keywords: PjBL-STEM, differentiated, critical thinking skills, scientific literacy

**PENGEMBANGAN *e*-LKPD BERBASIS PjBL-STEM BERDIFERENSIASI
UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS
DAN LITERASI SAINS PESERTA DIDIK**

Oleh

KESI MEIRAWATI

Tesis

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

Pada

**Program Studi Magister Pendidikan IPA
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Tesis

: **PENGEMBANGAN *e*-LKPD BERBASIS
PjBL-STEM BERDIFERENSIASI UNTUK
MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS DAN LITERASI SAINS
PESERTA DIDIK**

Nama Mahasiswa

: **Kesi Meirawati**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **2223025004**

Program Studi

: **Magister Pendidikan IPA**

Jurusan

: **Pendidikan MIPA**

Fakultas

: **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



Pembimbing I

Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.
NIP 19681210 199303 1 002

Pembimbing II

Dr. Tri Jalmo, M.Si.
NIP 19610910 198603 1 005

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

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

Kepala Program Studi

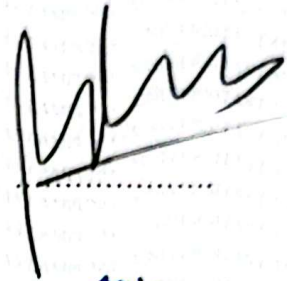
Prof. Dr. Neni Hasnunidah, M.Si.
NIP 19700327 199403 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si



Sekretaris

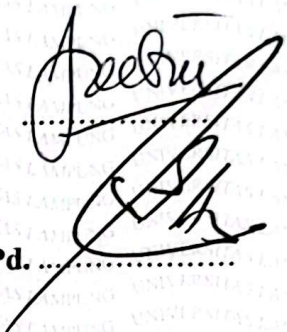
: Dr. Tri Jalmo, M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing

: I. Dr. Noor Fadiawati, M.Si.



II. Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.

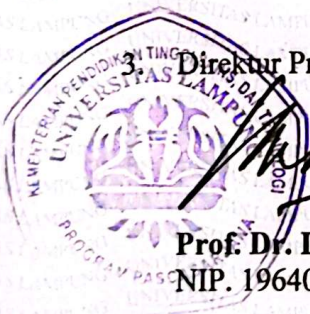
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd.

NIP. 19870504 201404 1 001

3. Direktur Program Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.

NIP. 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 18 Juli 2025

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Kesi Meirawati
Nomor Pokok Mahasiswa : 2223025004
Program Studi : Magister Pendidikan IPA
Jurusan : Pendidikan MIPA

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam tesis saya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar magister di suatu perguruan tinggi.

Selain itu, di dalam tesis ini juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak di kemudian hari terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya, maka saya akan bertanggungjawab sepenuhnya.

Bandar Lampung, 25 Juli 2025

Yang menyatakan,



Kesi Meirawati

NPM. 2223025004

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di 29 Banjarsari, Metro Utara, Kota Metro pada tanggal 12 Mei 1980, penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Hi. Suhut dan Ibu Kamen. Penulis mengawali pendidikan di SD Negeri 1 Banjar Asri dan di-selesaikan pada tahun 1993. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 6 Metro, diselesaikan pada tahun 1996. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di SMUN 3 Metro, dan diselesaikan tahun 1999. Pada tahun 1999 penulis melanjutkan studi jenjang S-1 program studi Pendidikan Fisika di Universitas Lampung melalui jalur UMPTN, dan diselesaikan pada tahun 2005. Pada saat masih kuliah dan dalam proses penyelesaian studi S-1 Pendidikan Fisika Universitas Lampung, penulis sudah menjadi guru honorer di SD Muhammadiyah 1 Labuhan Ratu, Kedaton, Bandar Lampung sebagai guru kelas selama 3 tahun (2003-2006).

Setelah penulis menyelesaikan S-1 di Pendidikan Fisika Universitas Lampung penulis menjadi guru honorer di MTsN 1 Kalianda Lampung Selatan, selanjutnya penulis mengajar di SMKN 2 Kalianda sebagai guru fisika, pada saat yang sama mengajar di SMAN 1 Kalianda sebagai guru fisika, setelah itu penulis diangkat sebagai CPNS dan ditugaskan di SMPN 2 Penengahan tahun 2009-2017. Tahun 2017 penulis pindah tugas di SMPN Satu Atap 2 Jati Agung. Tahun 2018 penulis mendapatkan panggilan PPG daljab pada tahun 2018 di Universitas Negeri Malang secara daring selama 6 bulan dan dilanjutkan tatap muka selama kurang lebih 3 bulan. Penulis melanjutkan studi magister dan terdaftar sebagai mahasiswa program studi magister pendidikan IPA jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung pada tahun 2022 melalui jalur reguler.

Selama menjadi guru penulis pernah menjadi narasumber Pelatihan Peningkatan Kompetensi Pembelajaran (PKP) tahun 2019, kemudian menjadi pengajar praktik guru penggerak angkatan 3 tahun 2021-2022, menjadi pengajar praktik guru penggerak angkatan 6 tahun 2022-2023, menjadi fasilitator guru penggerak tahun 2024. Saat penyelesaian tesis ini, penulis mendapatkan panggilan untuk mengikuti Training of Trainer (TOT) Fasilitator Pembelajaran Mendalam dari Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Balai Guru dan Tenaga Kependidikan Provinsi Lampung (28 Juni – 4 Juli 2025).

PERSEMBAHAN



Puji syukur kepada Allah SWT yang selalu melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi ini. Dengan kerendahan hati, kupersembahkan karya tulis ini sebagai ungkapan terimakasih kepada:

Suami (Zulkifli, S.ST., M.M.)

Anak-anakku tersayang (Muhammad Abdan Syakuro, Hilmi Fajar Muharrom,

Mumtaz Abdurrohman, Salim Abdurrohman)

Bapak (Hi. Suhut) dan Mamak (Kamen)

Adik-adikku (Diana Wati, S.Pd., Gr., M.Pd.I.; Ade Kusuma Ardani, S.Kom.; Rino Prasetyo, S.Kom.)

"Terima kasih atas doa, dukungan, dan kesabaran yang tak ternilai selama proses penyusunan tesis ini. Kalian adalah sumber semangat dan kekuatan terbesar penulis. Di tengah segala tantangan dan kelelahan, kehadiran kalian adalah pelipur lara dan motivasi yang membuat penulis terus melangkah. Tanpa doa dan cinta kalian, pencapaian ini takkan mungkin terwujud. Semoga Allah membalas segala kebaikan dan pengorbanan kalian dengan keberkahan yang tiada henti"

MOTTO

"The important thing is not to stop questioning. Curiosity has its own reason for existing"

(Albert Einstein)

"Science is a way of thinking much more than it is a body of knowledge"

(Carl Sagan)

"Nilai seseorang bergantung dari apa yang dikuasai"

(Nahjul Balaghah)

"It does not matter how slowly you go as long as you do not stop"

(Analects of Confucius)

SANWACANA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga dapat diselesaikan tesis berjudul “Pengembangan *e*-LKPD berbasis PjBL-STEM Berdiferensiasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik” sebagai salah satu syarat mencapai gelar magister Pendidikan di Universitas Lampung.

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., ASEAN Eng. selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si. selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung;
3. Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd. selaku Dekan FKIP Universitas Lampung;
4. Dr. Nurhanurawati, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
5. Prof. Dr. Neni Hasnunidah M.Si. selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan IPA;
6. Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si. selaku Pembimbing I atas kesediaan, keikhlasan dan kesabarannya memberikan bimbingan, saran dan masukan selama penulisan tesis;
7. Dr. Tri Jalmo, M.Si. Pembimbing II atas kesediaan, keikhlasan dan kesabarannya memberikan bimbingan, saran dan masukan selama penulisan tesis;
8. Dr. Noor Fadiawati, M.Si. selaku Pembahas I atas masukan dan saran perbaikan yang telah diberikan;
9. Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd. selaku Pembahas II dan Validator 1 atas masukan dan saran perbaikan yang telah diberikan;

10. Dr. Dina Maulina, M.Si. selaku Validator II atas segala bimbingan dan saran perbaikan produk penelitian yang telah diberikan;
11. Dosen-dosen Program Studi Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung atas ilmu yang telah Bapak dan Ibu berikan;
12. Kepala SMPN Satu Atap 2 Jati Agung Ibu Yeni Purnamasari, S.Pd. yang telah memberikan izin penelitian;
13. Teman seperjuangan magister Pendidikan IPA angkatan 2022, kakak-kakak dan adik-adik tingkat di Magister Pendidikan IPA, terima kasih atas kerjasamanya;
14. Bapak Supriyanto selaku kepala SMA Al Huda Jati Agung, Ibu Dwi Asmayanti, M. Pd., selaku ketua pengembangan SMA Al Huda Jati Agung, Ibu Rosalina Siregar, S. Pd., selaku Waka kurikulum, Mbak Ani Diantari, S. Kom., selaku admin operator sekolah, Ibu bapak guru dan murid-murid kelas X 5 SMA Al Huda Jati Agung, dan seluruh guru IPA SMP yang tergabung di MGMP IPA Lampung Selatan, serta murid-muridku kelas IX A IX B dan IX C SMP Negeri Satu Atap 2 Jati Agung yang telah membantu dalam proses pengambilan data produk e-LKPD.

Semoga Allah SWT memberikan balasan atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis dan semoga tesis ini dapat bermanfaat.

Bandar Lampung, 21 Juli 2025
Penulis,



Kesi Meirawati

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Ruang Lingkup.....	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Teori Belajar Konstruktivisme.....	10
2.2 Teori Belajar Kognitivisme Jean Piaget.....	12
2.3 Pembelajaran Diferensiasi.....	14
2.4 Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (<i>e</i> -LKPD).....	17
2.5 PjBL-STEM	20
2.6 Keterampilan Berpikir Kritis	22
2.7 Literasi Sains.....	25
2.8 Penelitian yang Relevan.....	26
2.9 Analisis Pemecahan Masalah.....	28
2.10 Kerangka Berpikir	29
III. METODE PENELITIAN	32
3.1 Desain Penelitian.....	32
3.2 Prosedur Penelitian.....	32
3.3 Instrumen Penelitian.....	38
3.4 Teknik Analisis Data.....	39
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Hasil Pengamatan.....	46
4.2 Pembahasan.....	68
V. KESIMPULAN DAN SARAN	86
5.1 Kesimpulan	86
5.2 Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA	88

LAMPIRAN.....	96
Lampiran 1. Kuesioner Analisis Kebutuhan Peserta Didik	97
Lampiran 2. Kuesioner Analisis Kebutuhan Guru	100
Lampiran 3. Hasil Analisis Kebutuhan Peserta Didik	103
Lampiran 4. Hasil Analisis Kebutuhan Guru	106
Lampiran 5. Storyboard e-LKPD	112
Lampiran 6. Instrumen Asesmen Diagnostik Kesiapan Belajar	118
Lampiran 7. Hasil Asesmen Diagnostik Kesiapan Belajar	123
Lampiran 8. Modul Ajar	125
Lampiran 9. e-LKPD.....	130
Lampiran 10. Soal Pretes-postes	149
Lampiran 11. Kisi-kisi Pretes-postes	154
Lampiran 12. Rubrik Penilaian Pretes-postes	156
Lampiran 13. Angket Respon Pendidik	162
Lampiran 14. Angket Respon Peserta didik.....	169
Lampiran 15. Angket Validasi oleh Ahli	173
Lampiran 16. Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran	182
Lampiran 16. Angket Respon Peserta Didik terhadap e-LKPD	183
Lampiran 18. Data Validitas dan Reliabilitas Pretes-Postes.....	185
Lampiran 19. Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Soal Pretes-Postes.....	187
Lampiran 20. Hasil validasi e-LKPD oleh Ahli.....	190
Lampiran 21. Hasil validasi e-LKPD oleh Guru.....	200
Lampiran 22. Hasil Respon Peserta Didik terhadap e-LKPD.....	211
Lampiran 36. Hasil Uji Perbedaan Dua Rata-rata.....	252
Lampiran 37. Hasil Uji <i>Effect Size</i>	255
Lampiran 38. Bahan Ajar	256
Lampiran 39. Angket Respon Guru IPA terhadap Desiminasi e-LKPD berbasis PjBL-STEM Berdiferensiasi	269
Lampiran 40. Hasil Angket Respon Guru IPA terhadap Desiminasi e-LKPD berbasis PjBL-STEM Berdiferensiasi	271

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Ilustrasi ZPD dan <i>Scaffolding</i>	13
2. Pembelajaran Berdiferensiasi	15
3. Kerangka Pikir	31
4. Diagram prosedur penelitian	37
5. Hasil Studi Lapangan Peserta Didik	47
6. Hasil Studi Lapangan Guru	47
7. Persentase setiap kriteria nilai n-Gain peserta didik terhadap keterampilan berpikir kritis pada kelas eksperimen dan kelas kontrol	57
8. Rata-rata n-Gain keterampilan berpikir kritis kelas kontrol dan kelas eksperimen	57
9. Rata-rata n-Gain keterampilan berpikir kritis pada tiap-tiap kesiapan belajar peserta didik	58
10. Rata-rata persentase ketercapaian masing-masing indikator keterampilan berpikir kritis peserta didik pada kelas kontrol dan eksperimen	59
11. Persentase setiap kriteria nilai n-Gain peserta didik terhadap literasi sains pada kelas eksperimen dan kelas kontrol	60
12. Rata-rata n-Gain literasi sains kelas kontrol dan kelas eksperimen.....	61
13. Rata-rata n-Gain literasi sains pada tiap-tiap kesiapan belajar peserta didik	61
14. Rata-rata persentase ketercapaian masing-masing indikator literasi sains peserta didik pada kelas kontrol dan eksperimen.....	62
15. Kegiatan observasi dan wawancara	74
16. Hasil jawaban peserta didik tahap <i>reflection</i>	75
17. Jawaban soal postes pada indikator memberikan penjelasan sederhana	76
18. Jawaban soal postes pada indikator <i>science context</i>	76
19. Jawaban peserta didik tahap <i>research</i>	77
20. Jawaban postes indikator membangun keterampilan dasar	78
21. Jawaban postes indikator <i>science knowledge</i>	78
22. Jawaban peserta didik pada tahap <i>discovery</i>	79
23. Jawaban postes indikator menyimpulkan	79
24. Jawaban postes indikator <i>science competencies</i>	80
25. Hasil desain alat untuk menaikkan air sungai	81
26. Jadwal rencana pembuatan alat prototipe	82
27. Konsultasi pembuatan alat prototipe	82
28. a) Alat prototipe Kelompok Tinggi; b) Kelompok sedang; c) Kelompok rendah	84

29. Jawaban soal postes indikator mengatur strategi dan taktik	84
30. Kegiatan <i>Communication</i>	85
31. Jawaban soal postes indikator memberikan penjelasan lebih lanjut	85

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Fokus dan minat peserta didik.....	16
2. Kriteria LKPD yang baik	19
3. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	23
4. Indikator Literasi Sains	26
5. Penelitian Relevan.....	26
6. Desain Penelitian.....	36
7. Teknik Pengumpulan Data	38
8. Penskoran jawaban responden	40
9. Kriteria Analisis Persentase Validasi	40
10. Kriteria Persentase Analisis Kepraktisan	41
11. Kriteria Derajat Reliabilitas	41
12. Kriteria nilai n-Gain	42
13. Kriteria Persentase Keterlaksanaan Pembelajaran	43
14. <i>Effect Size</i>	45
15. Persentase hasil validasi e-LKPD Berbasis PjBL-STEM Berdiferensiasi oleh Ahli.....	49
16. Saran dan Masukan Validator	50
17. Hasil Persentase Tanggapan Guru terhadap e-LKPD	53
18. Hasil Persentase Tanggapan Peserta Didik terhadap e-LKPD.....	53
19. Hasil uji validitas dan reliabilitas soal pretes-postes.....	54
20. Uji Normalitas keterampilan berpikir kritis dan literasi sains	55
21. Uji Homogenitas keterampilan berpikir kritis dan literasi sains.....	55
22. Uji <i>Mann Whitney U</i> keterampilan berpikir kritis dan literasi sains.....	56
23. Rata-rata nilai pretes-postes keterampilan berpikir kritis kelas kontrol dan kelas eksperimen	56
24. Rata-rata nilai pretes-postes literasi sains kelas kontrol dan kelas Eksperimen.....	59
25. Uji Normalitas keterampilan berpikir kritis	63
26. Uji Normalitas Literasi Sains	63
27. Uji Homogenitas keterampilan berpikir kritis.....	63
28. Uji Homogenitas keterampilan literasi sains.....	63
29. Uji <i>independent sample t-test</i> keterampilan berpikir kritis	64
30. Uji <i>independent sample t-test</i> literasi sains	65
31. Uji <i>Effect Size</i>	64
32. Persentase Keterlaksanaan Pembelajaran	65
33. Respon peserta didik terhadap pembelajaran e-LKPD berbasis PjBL-STEM Berdiferensiasi	66

34. Hasil angket desiminasi e-LKPD berbasis PjBL-STEM Berdiferensiasi	67
---	----

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Abad 21 ditandai sebagai keterbukaan atau globalisasi, artinya kehidupan manusia pada abad ke-21 mengalami perubahan-perubahan yang fundamental berbeda dengan tata kehidupan dalam abad sebelumnya. Pendidikan pada abad 21 menuntut berbagai keterampilan yang harus dikuasai peserta didik, sehingga diharapkan pendidikan dapat mempersiapkan peserta didik untuk menguasai berbagai keterampilan tersebut agar menjadi pribadi yang siap memasuki dunia kerja dimasa depan (Angga dkk., 2022). Era globalisasi dan keterbukaan informasi sudah tidak dapat dipungkiri memberi dampak bagi banyak aspek kehidupan manusia, tidak terkecuali bidang Pendidikan. Sejalan dengan hal tersebut salah satu dari 17 tujuan *Sustainable Development Goals* (SDGs) mengembangkan “Pendidikan Berkualitas”, yang mendalilkan bahwa setiap peserta didik harus memperoleh pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan untuk mempromosikan pembangunan berkelanjutan (Kopnina, 2020).

Pendidikan berkualitas bertujuan membina peserta didik agar menjadi warga dunia yang kreatif dan bertanggung jawab yang secara kritis merefleksikan gagasan pembangunan berkelanjutan dan nilai-nilai yang mendasarinya (Spanring, 2019). Berdasarkan hal tersebut untuk mencapai tujuan peningkatan mutu, sistem pendidikan yang ada harus diciptakan dengan lingkungan dan proses belajar yang menyenangkan yang mendorong peserta didik untuk mengembangkan keterampilan secara maksimal (Nurfatimah dkk., 2022). Keterampilan abad 21 menurut Bernie Triling dan Charles Fadel (2009) sebagai keterampilan yang dibutuhkan untuk bertahan dalam menghadapi kehidupan global yang teramat

kompleks, keterampilan ini berimplikasi pada proses pendidikan yang tidak hanya memfokuskan diri pada kegiatan pembelajaran konvensional.

US-based Partnership for 21st Century Skills (P21), mengidentifikasi kompetensi yang diperlukan di abad ke-21 yaitu “*The 4Cs*”-communication, collaboration, critical thinking, dan creativity”. *Assessment and teaching of 21st Century Skills* (ATC21S) mengkategorikan keterampilan abad ke-21 menjadi 4 kategori, yaitu *way of thinking*, *way of working*, *tools for working* dan *skills for living in the world* (Care et al., 2012). *Way of thinking* mencakup kreativitas, inovasi, berpikir kritis, memecahkan masalah, dan pembuatan keputusan. *Way of working* mencakup keterampilan berkomunikasi, berkolaborasi dan bekerjasama dalam tim. *Tools for working* adanya kesadaran sebagai warga negara global maupun lokal, pengembangan hidup dan karir, serta adanya rasa tanggung jawab sebagai pribadi maupun sosial. *Skills for living in the world* merupakan keterampilan yang didasarkan pada literasi informasi, penguasaan teknologi informasi dan komunikasi baru, serta kemampuan untuk belajar dan bekerja melalui jaringan sosial digital. Berdasarkan hal tersebut keterampilan *way of thinking* yaitu keterampilan berpikir kritis dan *skills for living in the world* yaitu literasi sains perlu dilatihkan.

Literasi sains berfokus pada pengembangan pengetahuan peserta didik tentang konsep sains yang bermakna, berpikir kritis, dan mengatasi masalah yang relevan dengan kehidupan peserta didik (Khoiriza dkk., 2021). Peserta didik yang telah melek sains bersedia terlibat dalam fenomena yang beralasan tentang sains dan teknologi, yang membutuhkan kompetensi untuk menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah, dan menafsirkan data serta bukti secara ilmiah. Literasi sains dapat terwujud seiring dengan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Pengembangan keterampilan berpikir kritis dapat menghasilkan peningkatan kualitas berpikir yang melibatkan penalaran dan logika dalam memecahkan masalah (Fitriani dkk., 2020).

Berdasarkan studi PISA 2022 terkait literasi sains peserta didik di negara-negara seluruh dunia, menyatakan bahwa skor rata-rata literasi sains peserta didik di

Indonesia sebesar 383 dan menduduki peringkat ke 63 dari 76 negara (OECD, 2023). Selain itu berdasarkan studi UNESCO indeks membaca masyarakat Indonesia adalah 0,001. Artinya, dari 1.000 orang Indonesia, hanya 1 orang yang membaca serius (Antoro, 2017). Hal tersebut mengindikasikan bahwa literasi sains peserta didik di Indonesia termasuk provinsi Lampung masih tergolong rendah. Sehingga rendahnya literasi sains peserta didik akan mengakibatkan rendahnya keterampilan berpikir kritis peserta didik (Rahayuni, 2016).

Keterampilan berpikir kritis dapat distimulus melalui pembelajaran berbasis penemuan dengan menggunakan pendekatan ilmiah (Sutiani dkk., 2021; Liu *et al.*, 2018). Kegiatan di kelas seperti proses peserta didik mencari informasi akan mengembangkan keterampilan pemecahan masalah yang terbukti berdampak positif pada keterampilan berpikir kritis peserta didik (Tsai *et al.*, 2013). Aspek lain yang mempengaruhi keterampilan berpikir kritis dan literasi sains adalah keberagaman peserta didik dalam satu kelas. Perbedaan individu dalam proses pembelajaran yang meliputi perbedaan kemampuan, bakat, minat dan cara belajar peserta didik akan mempengaruhi cara berpikir dan peningkatan hasil belajar (Kulamasari & Pramono, 2024). Kurikulum Merdeka saat ini telah mengakomodasi pendekatan dan model pembelajaran yang dapat menstimulus keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik.

Kurikulum Merdeka memiliki karakteristik utama antara lain dengan penerapan model pembelajaran berbasis proyek dan pembelajaran berdiferensiasi. Model PjBL ditunjukan untuk pengembangan *soft skills* dan karakter yang meliputi iman, takwa, gotong royong, kebhinekaan global, kemandirian, bernalar kritis, dan kreativitas (Suardipa, 2023). Pendidik memiliki kebebasan untuk menggagas inovasi pembelajaran yang menarik dan relevan dengan konteks kehidupan peserta didik (Irawan dkk., 2023). Kurikulum ini diharapkan dapat memberi ruang yang lebih leluasa bagi pengembangan karakter dan kompetensi peserta didik sehingga peserta didik dapat menekuni minatnya secara lebih fleksibel. Pendidik diharapkan memiliki fleksibilitas untuk melakukan pembelajaran yang sesuai dengan kemampuan peserta didik (*teaching at the right level*) atau pembelajaran berdiferensiasi (Mulyasa, 2023).

Pembelajaran berdiferensiasi diawali dengan pemetaan-pemetaan terhadap minat dan bakat peserta didik, kesiapan peserta didik, dan profil peserta didik (Ambarita & Simanullang, 2023). Beberapa penelitian menyebutkan bahwa penerapan pembelajaran berdiferensiasi dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik pada pembelajaran IPA dengan baik (Suwartiningsih, 2021; Yusro & Ardhanita, 2023).

Pembelajaran berdiferensiasi dengan model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) menciptakan pembelajaran yang bermakna, melatih pengetahuan, dan memberikan pengalaman langsung kepada peserta didik, serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains (Sakti & Ainayah, 2024; Rosa dkk., 2024; Silfiyani dkk., 2024; Nahak & Lawa, 2023). Implementasi pembelajaran berdiferensiasi di Lampung khususnya Lampung Selatan masih rendah, hal ini dibuktikan dari 41,2% guru yang sudah menerapkan pembelajaran berdiferensiasi, terutama melalui diferensiasi produk (32,4%), konten (15,2%), dan proses (52,4%). Kesulitan utama dalam penerapan pembelajaran berdiferensiasi meliputi keterbatasan waktu, kurangnya pemahaman, serta tantangan dalam merancang LKPD yang sesuai dengan gaya belajar peserta didik. Pada implementasinya salah satunya pada pembelajaran berbasis proyek, hampir seluruh peserta didik (97,4%) menyebut bahwa guru membagi mereka ke dalam kelompok-kelompok, namun pembagian kelompok tersebut hanya 40% peserta didik yang dikelompokkan berdasarkan kesiapan belajar mereka.

Model pembelajaran PjBL digunakan untuk membuat suatu proyek dalam upaya pemecahan masalah (Purnomo & Yuhanar, 2019). Seiring perkembangan jaman, selain dapat memecahkan masalah melalui proyek tertentu perlu diperhatikan juga terkait dengan aspek-aspek holistik meliputi *science, technology, enggenering, and mathematic* untuk dapat melatih keterampilan peserta didik (Baran *et al.*, 2021). Oleh sebab itu dapat dikombinasikan antara model pembelajaran berbasis proyek dan juga pendekatan pembelajaran yang berorientasi terhadap aspek-aspek tersebut yaitu STEM.

Penerapan PjBL-STEM dapat melatih keterampilan berpikir logis, kreatif, inovatif, pemecahan masalah, berpikir kritis, dan kemampuan bekerja dalam tim (Purwaningsih dkk, 2020; Asri 2018). Keuntungan penerapan PjBL-STEM antara

lain transfer pengetahuan dan keterampilan ke masalah dunia nyata, peningkatan motivasi untuk belajar, dan peningkatan pengetahuan konsep matematika dan sains (Laboy-Rush, 2011). Pada pembelajaran di sekolah sebanyak 79,4% guru telah mengetahui model PjBL dan pendekatan STEM, namun hanya 38,2% yang memahami integrasi keduanya dalam PjBL-STEM. Keterbatasan pemahaman ini berdampak pada rendahnya penerapan LKPD yang meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains, dengan hanya 44,1% guru yang telah menggunakan model PjBL. Hal ini diperkuat dengan pengakuan peserta didik sebanyak 14,8% mengaku pernah diberikan pertanyaan terkait permasalahan dalam kehidupan sehari-hari untuk diselesaikan dan diajak mengidentifikasi serta menjelaskan fenomena ilmiah dalam proses pembelajaran. Selain itu, sebanyak 80% peserta didik juga pernah mengerjakan tugas berbasis proyek yang melibatkan prinsip perubahan energi atau teknologi ramah lingkungan. Proyek yang dikerjakan berupa alat filtrasi air sederhana yang meniru dari link *YouTube* yang telah diberikan oleh guru.

Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan dikenal sebagai salah satu daerah penghasil padi di provinsi Lampung. Selama ini, petani di Jati Agung mengandalkan pola musim yang teratur, yaitu musim hujan pada bulan Oktober hingga Maret untuk masa tanam padi, dan musim kemarau pada bulan April hingga September untuk masa tanam jagung. Pada beberapa waktu terakhir, perubahan iklim menyebabkan musim menjadi tidak menentu. Pada periode yang seharusnya merupakan musim hujan, ternyata lebih banyak cuaca panas dibandingkan turunnya hujan. Akibatnya, aliran air dari sungai yang biasanya digunakan untuk mengairi padi di sawah karena volume air berkurang drastis. Kondisi ini membuat banyak lahan sawah kekeringan, sehingga pertumbuhan padi terganggu dan hasil panen menurun. Masalah tersebut dapat diintegrasikan dalam pembelajaran IPA di sekolah untuk mengajak peserta didik memecahkan masalah dengan model PjBL-STEM.

Penerapan PjBL-STEM di kelas dapat dilaksanakan melalui *e*-LKPD. Penggunaan *e*-LKPD dalam pembelajaran memberikan dampak terhadap aktivitas belajar peserta didik menjadi lebih menyenangkan, pembelajaran menjadi interaktif,

memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk berlatih, dan memotivasi peserta didik dalam belajar (Puspita & Dewi, 2021). Selain itu e-LKPD dapat membantu peserta didik untuk mempermudah dalam belajar secara mandiri (Fitriyah & Ghofur, 2021). Penelitian terkait dengan penerapan e-LKPD menggunakan pembelajaran PjBL-STEM telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Penerapan model PjBL terintegrasi STEM pada pembelajaran meningkatkan literasi sains peserta didik, dan hampir seluruh peserta didik menyatakan senang dengan pembelajaran PjBL-STEM karena memperoleh pengalaman yang sangat berkesan mengikuti tahapan pembelajaran sehingga menimbulkan motivasi dan minat dalam belajar (Afriana dkk., 2016; Silfiyani dkk., 2024).

Model PjBL berbasis STEM secara simultan meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar (Rahardhian, 2022; Dewi dkk., 2023). Berdasarkan hasil analisis kebutuhan guru, sebagian besar guru (61,8%) telah menggunakan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dalam pembelajaran IPA, khususnya pada topik teknologi ramah lingkungan, namun hanya 11,8% yang telah memanfaatkan LKPD berbasis elektronik. Kendala utama dalam penggunaan e-LKPD meliputi kurangnya pemahaman dalam penyusunan serta keterbatasan penguasaan teknologi informasi, sehingga mayoritas guru masih mengandalkan LKPD dari buku atau internet yang disesuaikan dengan kondisi sekolah. Hal ini diperkuat dengan pengakuan peserta didik bahwa mayoritas (88,7%) telah menggunakan LKPD sebagai bahan ajar. Namun, penggunaan LKPD dalam bentuk e-LKPD masih belum optimal, dengan hanya 65,2% peserta didik yang telah menggunakannya.

Meskipun sebagian besar guru telah memanfaatkan teknologi dalam pembelajaran IPA, pemahaman mereka terhadap model pembelajaran inovatif seperti PjBL dan STEM masih terbatas. Oleh karena itu, pengembangan e-LKPD berbasis PjBL-STEM menjadi solusi yang potensial untuk melatih kualitas pembelajaran IPA, terutama dalam melatih keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik secara lebih efektif dan terdiferensiasi. Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini dilakukan pengembangan e-LKPD berbasis PjBL-STEM

Berdirefensiasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah *e*-LKPD berbasis PjBL-STEM berdiferensiasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik SMP yang dikembangkan?
2. Bagaimanakah kepraktisan *e*-LKPD berbasis PjBL-STEM berdiferensiasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik SMP yang dikembangkan?
3. Apakah *e*-LKPD berbasis PjBL-STEM berdiferensiasi efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik SMP?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan *e*-LKPD berbasis PjBL-STEM berdiferensiasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik SMP.
2. Mendeskripsikan kepraktisan *e*-LKPD berbasis PjBL-STEM berdiferensiasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik SMP.
3. Mengetahui efektivitas dari *e*-LKPD berbasis PjBL-STEM berdiferensiasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik SMP.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Peserta didik

Produk e-LKPD yang dikembangkan dapat membantu peserta didik menambah pengalaman belajar menggunakan PjBL-STEM Berdiferensiasi sesuai dengan kesiapan belajar peserta didik.

2. Pendidik

Produk e-LKPD yang dikembangkan dapat memberikan referensi kepada guru dalam menerapkan PjBL-STEM Berdiferensiasi sesuai dengan kesiapan belajar peserta didik serta dapat melatih keterampilan berpikir kritis dan literasi sains.

3. Sekolah

Produk e-LKPD yang dikembangkan dapat menjadi sumbangan pemikiran dalam menerapkan PjBL-STEM Berdiferensiasi pada pembelajaran IPA.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. e-LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik) yang dikembangkan mengacu pada *framework* PjBL-STEM oleh Laboy-Rush (2011) yang terdiri dari sintak *reflection, research, discovery, application, dan communication*.
2. Capaian pembelajaran pada penelitian ini adalah peserta didik dapat mengelaborasi sumber energi matahari, air, dan angin, serta upaya pelestarian lingkungannya. Materi yang digunakan yaitu teknologi ramah lingkungan.
3. Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah kondisi sumber air pada keadaan musim kemarau di daerah Priangan, Lampung Selatan.
4. Jenis diferensiasi yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada Tomlimson (2014) adalah diferensiasi produk.
5. Indikator keterampilan berpikir kritis yang digunakan pada penelitian ini menurut Ennis (1996) yaitu aspek memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar, menyimpulkan, memberikan penjelasan lanjut, dan mengatur strategi dan taktik, yang diukur menggunakan soal pretes-postes.
6. Indikator literasi sains yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada OECD (2023) *science context, science competencies, dan science knowledge*, yang diukur menggunakan soal pretes-postes.

7. e-LKPD berbasis PjBL-STEM Berdiferensiasi dikatakan efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains apabila nilai postes keterampilan berpikir kritis dan literasi sains kelas eksperimen lebih besar daripada nilai postes kelas kontrol, dan minimal 75% nilai n-Gain peserta didik ber kriteria “sedang”. Terdapat perbedaan yang signifikan antara n-Gain keterampilan berpikir kritis dan literasi sains kelas eksperimen dengan kelas kontrol yang diuji menggunakan uji *independent sample t-test*, serta memiliki *effect size* minimal ber kriteria sedang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

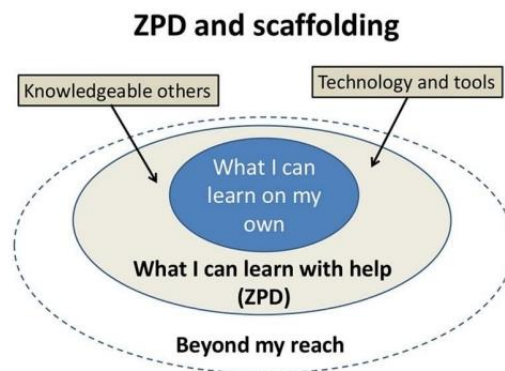
2.1 Teori Belajar Konstruktivisme

Perkembangan teori belajar telah mengalami berbagai perubahan seiring dengan kompleksnya pemahaman tentang bagaimana cara peserta didik memperoleh pengetahuan. Belajar adalah suatu proses mendapatkan pengetahuan. Menurut Vygotsky peserta didik sebaiknya belajar melalui interaksi dengan orang dewasa dan teman sebaya yang lebih mampu menguasai materi. Interaksi sosial ini dapat menstimulus terbentuknya ide baru dan memperkaya perkembangan intelektual peserta didik (Vygotsky, 1987). Pembelajaran pada tiap-tiap orang merupakan sifat sosial yang spesifik dan proses dimana peserta didik memasuki kehidupan intelektual orang-orang di sekitar mereka secara bertahap (Vygotsky, 1934). Lingkungan sosiokultural menghadapkan peserta didik dengan serangkaian tugas dan pertanyaan yang beragam (Vygotsky, 1987). Pada tahap awal, peserta didik sepenuhnya bergantung pada orang lain, terutama pada orang tua, yang memulai keputusannya sambil menginstruksikan apa yang harus dilakukan, bagaimana melakukannya, dan apa yang tidak boleh dilakukan.

Vygotsky menyatakan bahwa perkembangan peserta didik adalah proses dialektis yang kompleks antara peserta didik dan lingkungan sosial. Lingkungan sosial mendukung perkembangan peserta didik, sehingga apa yang dapat dilakukan peserta didik dalam kolaborasi sekarang akan dapat melakukannya secara mandiri nanti (Hausfather, 1996). Vygotsky menekankan tentang bagaimana anak-anak belajar melalui interaksi sosial dan kemampuan mereka untuk berkomunikasi dengan rekan-rekan mereka untuk memperoleh nilai-nilai budaya yang tumbuh dan berkembang di masyarakat (Vygostky, 1987).

Konstruktivisme sosial, berpendapat bahwa konstruksi pengetahuan peserta didik adalah produk dari interaksi sosial, interpretasi dan pemahaman. Teori Vygotsky tentang pembelajaran dan perkembangan menemukan keter-hubungannya dalam konsep tentang zona perkembangan proksimal atau dikenal dengan istilah ZPD (Vygotsky, 1978). Zona Perkembangan Proksimal Vygotsky (ZPD) melihat pembelajaran bukan sebagai perkembangan tetapi sebagai proses yang menghasilkan perkembangan. Setiap peserta didik pada domain apa pun, memiliki “tingkat perkembangan aktual” dan potensi untuk berkembang dalam domain tersebut. Perbedaan antara kedua tingkat tersebut adalah apa yang Vygotsky sebut sebagai zona perkembangan proksimal (Hausfather, 1996). Jarak antara tingkat perkembangan aktual sebagaimana ditentukan oleh pemecahan masalah secara mandiri dan tingkat perkembangan potensial sebagaimana ditentukan melalui pemecahan masalah dibawah bimbingan orang dewasa atau bekerja sama dengan teman sebaya yang lebih mampu (Vygotsky, 1978).

Zona perkembangan proksimal dapat terlihat keberadaannya ketika peserta didik bekerja pada suatu masalah di mana setidaknya satu dari mereka sendiri tidak dapat mengerjakannya secara efektif (Newman *et al.*, 1989). Bantuan yang dilakukan oleh orang dewasa yang dimaksud dalam hal ini (ZPD) dapat berupa “*scaffolding*”. *Scaffolding* adalah struktur instruksional yang melaluinya guru memodelkan strategi atau tugas pembelajaran dan kemudian memindahkan tanggung jawab ini kepada peserta didik (Topciu & Myftiu, 2015). *Scaffolding* dapat dipahami sebagai bantuan atau dukungan yang diberikan oleh orang yang lebih dewasa atau lebih kompeten kepada seorang peserta didik agar mampu menyelesaikan tugas-tugas atau soal-soal dengan tingkat kerumitan yang lebih tinggi daripada tingkat perkembangan kognitif yang sesungguhnya dari anak tersebut (Agustyaningrum & Pradanti, 2022). *Scaffolding* yang dimaksud dalam penelitian ini adalah produk yang akan dikembangkan yaitu e-LKPD berbasis PjBL-STEM yang akan dikembangkan. Penggunaan *scaffolding* tersebut diharapkan dapat membantu memfasilitasi, dan mempercepat tugas belajar peserta didik (Meyer & Turner, 2007). Ilustrasi ZPD dan *Scaffolding* di tunjukan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi ZPD dan *Scaffolding*
Sumber: McLeod, 2020

2.2 Teori Belajar Kognitivisme Jean Piaget

Piaget lebih menitikberatkan pembahasannya pada struktur kognitif anak. Teori kognitif Piaget ini berfokus pada bagaimana proses mental atau kognisi anak-anak berubah seiring waktu. Teori kognitif menggambarkan interaksi antara anak dan lingkungan, dimana perkembangan terjadi melalui “proses konstan bolak-balik antara anak dan lingkungan” (Piaget, 1929). Piaget memandang perkembangan kognitif sebagai proses dimana anak-anak secara aktif membangun sistem pengertian dan pemahaman tentang realitas melalui pengalaman dan interaksi. Menurut penelitiannya tahap-tahap perkembangan intelektual individu serta perubahan umur sangat mempengaruhi kemampuan individu mengamati ilmu pengetahuan (Ipda, 2015). Tujuan teori Piaget adalah untuk menjelaskan mekanisme dan proses dimana bayi dan anak-anak selanjutnya berkembang menjadi individu yang dapat menalar dan berpikir menggunakan hipotesis. Terdapat tiga komponen dasar pada teori kognitif Piaget yaitu skema, proses adaptasi, dan tahap perkembangan kognitif (Agustyaningrum & Pradanti, 2022).

Anak-anak dilahirkan dengan beberapa skemata sensorimotor yang memberi kerangka bagi interaksi awal anak dengan lingkungannya (Ipda, 2015). Melalui interaksi dengan lingkungan, struktur kognitif akan berubah, dan memungkinkan perkembangan pengalaman terus-menerus. Piaget berteori bahwa, seiring otak mereka tumbuh dan anak-anak mengalami dunia melalui tindakan, mereka akan

mengalami empat tahap berpikir yang luas. Keempat tahap kognitif menurut Piaget (1950) sebagai berikut:

1. Tahap Sensorimotor (0-2 tahun)

Tahap sensorimotorik ini bayi dan balita memahami dunia dalam hal tindakan fisik terhadap lingkungan. Bayi beralih dari refleks sederhana ke serangkaian perilaku yang terorganisasi. Perkembangan kognitif bayi sampai kira-kira berusia 2 tahun pada umumnya mengandalkan observasi dari panca indera dan gerakan tubuh mereka. Bayi berkembang dengan cara merespon kejadian dengan gerakan refleks.

2. Tahap Pra-operasional (2-7 tahun)

Pada tahap ini anak-anak kecil berkonsentrasi pada pembangunan dunia benda-benda permanen. Anak-anak prasekolah dapat menggunakan simbol-simbol mental untuk menggambarkan benda-benda dan peristiwa. Bahasa berkembang pesat melalui permainan dramatis. Permainan sosial dan permainan dengan aturan muncul saat anak-anak semakin terlibat dalam permainan sosial dengan teman sebaya.

3. Tahap Operasional Konkrit (7-11 tahun)

Pada tahap ini keterampilan penalaran anak-anak menjadi lebih logis. Pemikiran menjadi terdesentralisasi, dinamis, dan dapat dibalik. Anak-anak dapat mengatur objek ke dalam hierarki kelas. Anak-anak telah mengembangkan teori pikiran, meskipun mereka mungkin masih mengalami kesulitan untuk menerima perspektif orang lain. Selain itu, anak-anak juga mulai mempertimbangkan niat dalam penilaian moral mereka.

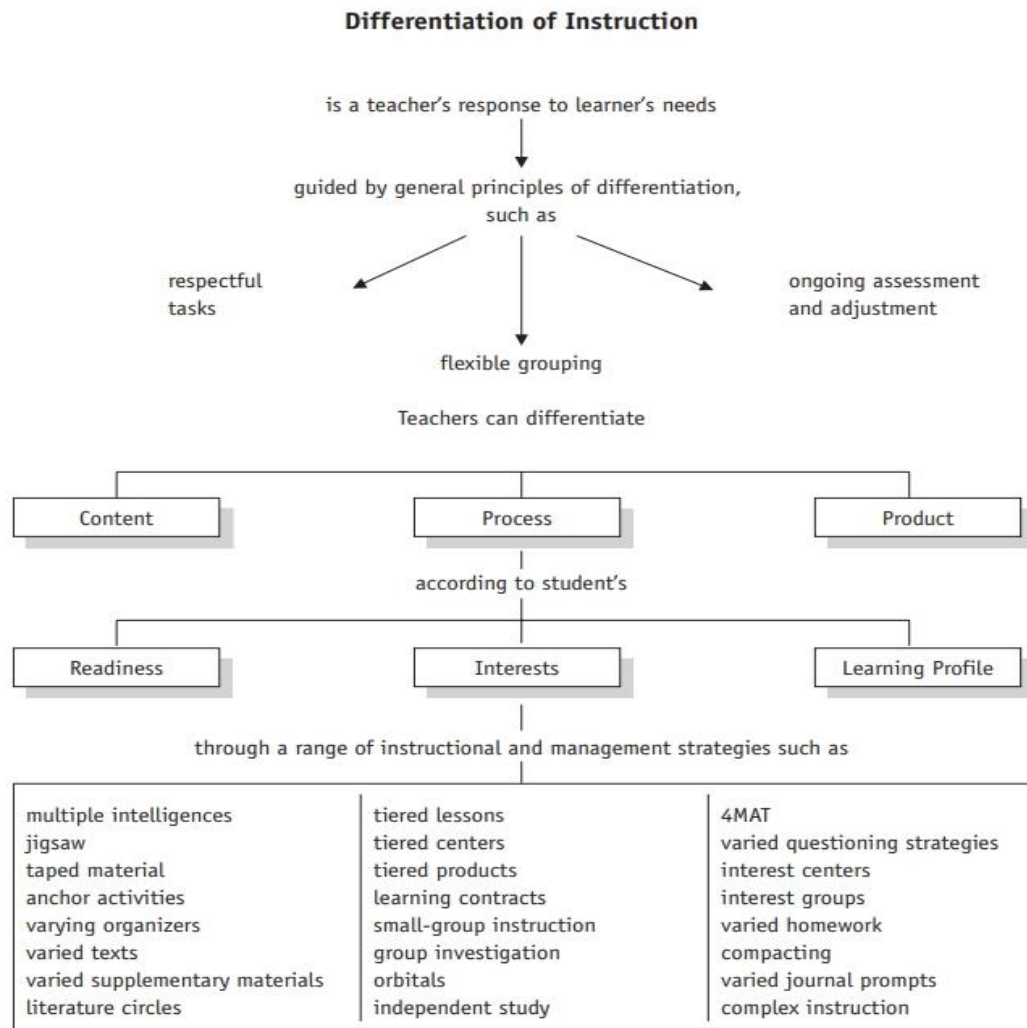
4. Tahap Operasional Formal (12 tahun ke atas)

Tingkat operasi formal merupakan tahapan terakhir dari skema Piaget, yang merupakan tingkatan dari kedewasaan kognitif. Pada tahap ini remaja dapat berpikir secara sistematis, dapat bernalar tentang konsep abstrak, dan dapat memahami etika dan penalaran ilmiah. Remaja dapat membuat hipotesis dan penalaran moral telah berkembang untuk memahami bahwa aturan merupakan hasil kesepakatan bersama.

2.3 Pembelajaran Diferensiasi

Pembelajaran berdiferensiasi adalah suatu bentuk usaha untuk menyesuaikan proses pembelajaran di kelas agar memenuhi kebutuhan belajar individu setiap peserta didik (Tomlinson, 2001). Diferensiasi adalah cara yang terorganisasi namun fleksibel untuk menyesuaikan pengajaran dan pembelajaran secara proaktif untuk memenuhi kebutuhan peserta didik, dimana keberadaan peserta didik dapat membantu mereka mencapai pertumbuhan maksimal (Tomlinson, 2014). Pembelajaran berdiferensiasi haruslah berakar pada pemenuhan kebutuhan belajar peserta didik dan bagaimana pendidik merespon kebutuhan belajar tersebut (Dewi & Luthfah, 2022).

Pengajaran dan pembelajaran diferensiasi yang efektif dapat menghubungkan erat tiga elemen kunci kurikulum yaitu konten, proses, dan produk. Konten adalah apa yang harus diketahui peserta didik (meliputi fakta), dipahami (berupa konsep dan prinsip), dan dapat dilakukan (keterampilan) sebagai suatu hasil dari segmen pembelajaran tertentu (pelajaran, pengalaman belajar, unit). Proses adalah kesempatan bagi peserta didik untuk memahami konten. Di kelas, proses biasanya terjadi dalam bentuk kegiatan. Suatu kegiatan kemungkinan akan efektif jika memiliki tujuan instruksional yang ditetapkan dengan jelas, memfokuskan peserta didik secara langsung pada satu pemahaman utama, menyebabkan peserta didik menggunakan keterampilan utama untuk bekerja dengan menggunakan ide-ide utama, memastikan bahwa peserta didik harus memahami (bukan hanya mengulang) ide tersebut, membantu peserta didik menghubungkan pemahaman dan keterampilan baru dengan yang sebelumnya, dan menyesuaikan tingkat kesiapan peserta didik. Produk adalah sarana yang digunakan peserta didik untuk menunjukkan (dan memperluas) apa yang telah dipahami dan dapat dilakukannya sebagai hasil dari segmen pembelajaran yang cukup besar. Pembagian pembelajaran berdiferensiasi menurut Tomlinson (2014) ditunjukkan seperti Gambar 2.



Gambar 2. Pembelajaran Berdiferensiasi (Tomlinson, 2014)

Tomlinson (2001) mengelompokkan kebutuhan belajar peserta didik dalam 3 aspek, yaitu:

1. Kesiapan belajar peserta didik (*readiness*)

Kesiapan belajar (*readiness*) adalah kapasitas untuk mempelajari materi, konsep, atau keterampilan baru. Sebuah tugas yang mempertimbangkan tingkat kesiapan murid akan membawa peserta didik keluar dari zona nyaman mereka dan memberikan mereka tantangan, namun dengan lingkungan belajar yang tepat dan dukungan yang memadai, mereka tetap dapat menguasai materi atau keterampilan baru tersebut. kesiapan belajar peserta didik bukanlah tentang tingkat intelektualitas (IQ). Hal ini lebih kepada informasi tentang apakah pengetahuan atau keterampilan yang dimiliki peserta didik saat ini, sesuai dengan pengetahuan atau keterampilan baru yang akan

diajarkan. Adapun tujuan memperhatikan kebutuhan belajar peserta didik berdasarkan tingkat kesiapan belajar ini adalah untuk memastikan bahwa semua peserta didik diberikan pengalaman belajar yang menantang secara tepat

2. Minat peserta didik

Minat merupakan suatu keadaan mental yang menghasilkan respons terarah kepada suatu situasi atau objek tertentu yang menyenangkan dan memberikan kepuasan diri. Fokus dan minat menurut Tomlinson (2001) adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Fokus dan minat peserta didik

Area Minat/Kegemaran	Moda Ekspresi
Seni (Rupa, fotografi, lukisan, patung)	Lisan (pidato, seminar, drama, symposium)
Literatur (puisi, prosa, fiksi, non fiksi)	Tertulis (kreatif, ekspositori)
Teknologi	Rancang/bangun (display model)
Athletik	Artristik (grafis, Lukis, fotografi, ilustrasi)
Ilmu sains	Abstrak (ide-ide, rencana teori)
Matematika	
Sejarah	
Ilmu sosial	
Jurnalistik	
Politik/pemerintahan	
Bisnis	
Musik (lagu, tari, komposisi, pertunjukan)	
Teater/film/tv	
Jalan-jalan/budaya	
Olahraga/rekreasi	
Kerajinan/kriya	

3. Profil belajar peserta didik

Profil belajar mengacu pada cara-cara bagaimana pendidik sebagai individu paling baik belajar. Tujuan dari memperhatikan kebutuhan belajar peserta didik berdasarkan profil belajar adalah untuk memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk belajar secara alami dan efisien. Profil belajar peserta didik terkait dengan banyak faktor, antara lain sebagai berikut:

a. Preferensi terhadap lingkungan belajar

Preferensi terhadap lingkungan belajar misalnya terkait dengan suhu ruangan, tingkat kebisingan, jumlah cahaya, apakah lingkungan belajarnya terstruktur/tidak terstruktur, dan sebagainya.

Contohnya: mungkin ada anak yang tidak dapat belajar di ruangan yang terlalu dingin, terlalu bising, terlalu terang, dan sebagainya.

b. Pengaruh budaya:

Pengaruh budaya antara lain seperti cara belajar secara santai, terstruktur, sifat pendiam atau ekspresif, personal atau impersonal.

c. Preferensi gaya belajar

Gaya belajar adalah bagaimana peserta didik memilih, memperoleh, memproses, dan mengingat informasi baru. Secara umum gaya belajar ada tiga, yaitu:

1) Visual

Gaya belajar visual adalah dengan melihat (misalnya melalui materi yang berupa gambar, diagram, power point, catatan, peta konsep, graphic organizer, dan sebagainya);

2) Auditori

Gaya belajar auditori adalah dengan mendengar (misalnya mendengarkan penjelasan guru, membaca dengan keras, mendengarkan pendapat saat berdiskusi, mendengarkan musik);

3) Kinestetik

Gaya belajar kinestetik adalah dengan belajar sambil melakukan (misalnya sambil bergerak, melakukan kegiatan *hands on*, dsb).

2.4 Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (e-LKPD)

LKPD merupakan sejumlah lembar yang berisi aktivitas yang bisa dilakukan oleh peserta didik untuk melaksanakan aktivitas realistik berkaitan dengan objek atau permasalahan yang sedang dipelajari (Abdurrahman, 2015). Seiring dengan perkembangan zaman, LKPD dapat mengalami inovasi dalam segi penyajian menjadi media elektronik dikenal dengan e-LKPD. e-LKPD adalah lembar kerja peserta didik dalam elektronik yang dikembangkan sebagai bentuk inovasi dan memperlancar proses pembelajaran serta dapat diakses melalui komputer, laptop, notebook, dan smartphone (Nurlita, 2023). e-LKPD dikemas ke dalam bentuk buku elektronik yang dapat diisi langsung sehingga peserta didik dapat merasakan seperti halnya mengerjakan pada buku cetak. Selain itu, data pada e-LKPD

didukung dengan gambar dan video yang dapat menunjang pemahaman peserta didik. Situs lembar kerja online yang digunakan terdapat menu akses untuk peserta didik yaitu (*Student access*) dan guru yaitu (*Teacher access*) (Zahroh & Yuliani, 2021).

Penggunaan e-LKPD dalam pembelajaran memberikan dampak terhadap aktivitas belajar peserta didik menjadi lebih menyenangkan, pembelajaran dikelas menjadi interaktif, memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk berlatih dan memotivasi peserta didik dalam belajar (Puspita & Dewi, 2021). e-LKPD diharapkan dapat menjadi inovasi media pembelajaran yang dapat menarik minat peserta didik dalam belajar guna melatih pemahaman dan pencapaian hasil belajar peserta didik (Zahroh & Yuliani, 2021). e-LKPD dapat membantu peserta didik untuk mempermudah dalam belajar secara mandiri (Fitriyah & Ghofur, 2021; Ayuni & Tressyalina, 2020). Selain itu, Ayuni & Tressyalina (2020) menyatakan bahwa e-LKPD diberikan untuk merangsang kemampuan berpikir kritis yang belum ada. e-LKPD dapat menjadi sumber belajar inovatif yang merupakan sumber belajar yang baru bagi peserta didik dan memberikan pembelajaran yang menekankan pada *student centered* (peserta didik berpartisipasi aktif dalam pembelajaran) (Abdurrahman, 2015).

Menurut Abdurrahman (2015) struktur LKPD sebagai berikut:

1. Judul kegiatan, tema, subtema, kelas dan semester;
2. Tujuan pembelajaran sesuai KD;
3. Alat dan bahan (jika memerlukan alat dan bahan);
4. Tata cara penggunaan LKPD;
5. Tabel data (untuk kegiatan yang memerlukan pencatatan data, tabel bisa diganti dengan kotak kosong yang digunakan untuk menulis, menggambar atau berhitung);
6. Pertanyaan-pertanyaan diskusi yang membantu peserta didik mengkaji data dan menanamkan konsep.

Fungsi dan Tujuan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (e-LKPD) sebagai berikut: (Prastowo, 2015):

1. Sebagai bahan ajar yang dapat meminimalkan peran guru dan lebih aktif melibatkan peserta didik.
2. Sebagai sumber pembelajaran yang memudahkan pemahaman peserta didik terhadap materi yang disajikan.
3. Sebagai bahan pengajaran yang ringkas dan kaya dengan tugas latihan,
4. Sebagai alat untuk mengajar peserta didik.

Penyusunan e-LKPD harus mengacu pada beberapa kriteria, yakni yakni tujuan penyusunannya, bahan ajar penyusunnya, kebutuhan peserta didik, dan prinsip penggunaannya. Berikut ini kriteria penggunaan LKPD menurut (Abdurrahman, 2015).

Tabel 2. Kriteria LKPD yang baik

Kriteria	Penjelasan
Tujuan pembuatan	1. Memberikan penguatan dan penunjang tujuan dan indikator yang akan dicapai di dalam pembelajaran berdasarkan kompetensi dalam kurikulum yang berlaku. 2. Membantu peserta didik dalam mencapai tujuan pembelajaran 3. Memberikan pengalaman belajar yang kaya di dalam kelas 4. Memotivasi peserta didik 5. Memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengembangkan keterampilan dan kemampuan memecahkan masalah serta menanamkan sikap ilmiah
Bahan Penyusun	1. Harus tersusun secara logis dan sistematis 2. Memperhatikan kemampuan dan tahap perkembangan peserta didik 3. Mampu memberikan motivasi peserta didik untuk mengembangkan rasa ingin tahu 4. Bersifat kontekstual
Kebutuhan Peserta didik	1. Menarik peserta didik untuk berpartisipasi 2. Bersifat atraktif 3. Melatihkan rasa percaya diri peserta didik 4. Mendorong peserta didik untuk mengetahui lebih banyak 5. Diksi yang digunakan memperhatikan tahap perkembangan dan usia peserta didik
Prinsip Penggunaan	1. Bukan sebagai pengganti guru dalam pembelajaran, tetapi sebagai sarana untuk membantu guru agar peserta didik mencapai tujuan pembelajaran 2. Digunakan untuk menumbuhkan minat untuk berpartisipasi peserta didik dalam pembelajaran, baik itu melalui diskusi maupun percobaan 3. Guru tetap mempersiapkan diri dalam mengelola kelas

2.5 PjBL-STEM

Model *Project Based Learning* (PjBL) merupakan model pembelajaran yang menggunakan proses pembelajaran proyek dan bersifat *student centered* (Kemendikbud, 2017). *Project based learning* merupakan sebuah metode pembelajaran yang inovatif, yang menekankan pembelajaran kontekstual melalui aktivitas yang kompleks (Latip & Supriatna, 2022). STEM merupakan sebuah pendekatan dengan pembelajaran yang merupakan inisiatif dari *National Science Foundation*. Tujuan dari penerapan STEM di Amerika Serikat ialah untuk menjadikan keempat bidang ini (*science, technology, engineering, and mathematics*) menjadi pilihan karier utama bagi peserta didik. penerapan STEM cocok digunakan pada pembelajaran sains. Pembelajaran berbasis STEM dapat melatih peserta didik dalam menerapkan pengetahuannya untuk membuat desain sebagai bentuk pemecahan masalah terkait lingkungan dengan memanfaatkan teknologi (Riyanto dkk., 2021).

Model PjBL-STEM mendorong peserta didik untuk memahami konsep melalui identifikasi masalah dan penciptaan produk sebagai solusi dari permasalahan tersebut (Laboy-Rush, 2011). Model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) merupakan suatu strategi, atau metode pembelajaran yang bertujuan untuk memberikan pengalaman yang bermakna bagi peserta didik dan mengembangkan keterampilan berpikir kritis melalui kegiatan pemecahan masalah (Setyowati dkk, 2022). Penerapan pembelajaran PjBL, peserta didik mampu memecahkan masalah dengan menggunakan informasi yang sudah diperoleh sehingga membentuk suatu konsep dengan menunjukkan solusi dari masalah tersebut (Furi dkk, 2018). Pembelajaran bersifat inovatif yang berpusat peserta didik untuk dapat mempergunakan pikirannya guna mencari solusi permasalahan yang ada.

Salah satu pembelajaran yang bisa dimanfaatkan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik ialah pembelajaran berbasis *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM) (Gandi dkk., 2021). STEM membantu siswa untuk menjadi penemu (*inventors*), pemikir logis (*logical thinkers*), inovator (*innovator*), mandiri (*self-reliant*) dan pemecah masalah yang baik (*better problem solvers*) (Rahardhian, 2019). PjBL-STEM dapat melatih minat

belajar peserta didik, pembelajaran yang bermakna, dan membantu peserta didik memecahkan masalah serta mendukung karier masa depan.

Menurut Diaz & King (2007) terdapat 5 karakteristik program STEM yang efektif yaitu:

1. Peserta didik mendapatkan berbagai macam dan pilihan tugas pembelajaran untuk melibatkan mereka dalam proses pembelajaran dan melatih motivasi mereka untuk menyelesaikan proyek.
2. Peserta didik menerima komunikasi dan penjelasan eksplisit untuk mengurangi ambiguitas yang disebabkan oleh sifat masalah yang tidak terbatas.
3. Peserta didik memiliki kesempatan untuk memodelkan solusi, berlatih memecahkan masalah, dan menerima umpan balik yang membangun pada tugas tingkat tinggi dari rekan dan pelatih.
4. Peserta didik mereka terlibat dalam lingkungan pengajaran yang berpusat pada peserta didik yang berfokus pada minat dan kebutuhan masing-masing peserta didik.
5. Peserta didik menerima dukungan untuk kebutuhan pembelajaran dan tingkat perkembangan masing-masing, dari yang berprestasi tinggi hingga peserta didik yang kesulitan.

Berikut ini adalah tahapan PjBL-STEM menurut Laboy-Rush (2011):

1. *Reflection* (Refleksi)
Tujuan dari tahap pertama adalah untuk mengorientasikan peserta didik pada konteks masalah dan untuk memberikan inspirasi bagi hal-hal yang dapat segera diselidiki oleh peserta didik. Fase ini juga dimaksudkan untuk menghubungkan apa yang diketahui dan apa yang perlu dipelajari.
2. *Research* (Penelitian)
Tahap kedua dapat berupa penelitian, hal ini berupa pelajaran IPA yang dipimpin guru, membaca bahan bacaan, atau metode lain untuk mengumpulkan informasi dan sumber yang relevan yang dibutuhkan untuk memecahkan masalah. Banyak pembelajaran terjadi selama tahap ini, dimana peserta didik berkembang dari pemahaman konkret ke pemahaman abstrak tentang masalah. Selama tahap penelitian, Pendidik memimpin diskusi untuk me-

menentukan apakah peserta didik mengembangkan pemahaman konseptual yang tepat tentang proyek dan konsep-konsep yang relevan.

3. *Discovery* (Penemuan)

Tahap penemuan umumnya melibatkan informasi pada tahap penelitian dan informasi yang diketahui dengan persyaratan untuk menyelesaikan masalah melalui proyek (menentukan produk). Langkah ini adalah saat peserta didik mulai mengambil alih proses pembelajaran dan menentukan apa yang masih belum diketahui. Beberapa model proyek STEM membagi peserta didik ke dalam kelompok kerja kecil untuk menyajikan solusi yang mungkin untuk masalah tersebut, untuk berkolaborasi dengan sesama peserta didik dalam satu kelompok, dan untuk membangun kekompakan kelompok. Model lain menggunakan langkah ini untuk mengembangkan kemampuan peserta didik untuk merefleksikan “kebiasaan berpikir” yang ingin dibangun oleh proses tersebut.

4. *Application* (Aplikasi)

Tahap aplikasi bertujuan untuk membuat produk dalam upaya pemecahan masalah yang sudah ditentukan pada tahap *discovery*. Pada beberapa kasus, peserta didik menguji produk terhadap kebutuhan, apabila terdapat kendala pendidik dapat mengarahkan peserta didik untuk mengulang langkah sebelumnya. Pada tahap ini memperluas pembelajaran ke konteks diluar STEM atau untuk memungkinkan koneksi antara disiplin STEM.

5. *Communication* (Komunikasi)

Tahap akhir dalam PjBL-STEM ini adalah menyajikan model dan solusi kepada rekan sejawat dan komunitas. Ini adalah langkah penting dalam proses pembelajaran karena keinginan mengembangkan keterampilan komunikasi dan kolaborasi serta kemampuan untuk menerima dan menerapkan umpan balik yang membangun.

2.6 Keterampilan Berpikir Kritis

Berpikir kritis adalah suatu pemikiran reflektif dan masuk akal yang difokuskan pada keputusan tentang apa yang harus dipercayai atau dilakukan (Ennis,1985).

Disisi lain Facione (1990) mendefinisikan bahwa berpikir kritis merupakan

penilaian yang bertujuan dan mengatur diri sendiri yang menghasilkan suatu interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi, serta penjelasan tentang pertimbangan bukti, konseptual, metodologis, kriteriologis, atau konseptual yang menjadi dasar penilaian tersebut. Keterampilan berpikir kritis adalah cara berpikir yang logis dan rasional dalam proses pengambilan keputusan yang diyakini melalui kemampuan berpikir seseorang akan mampu menghadapi dan mencermati segala permasalahan yang dihadapinya (Ennis & Weir, 1985). Dewey (1933)

menganalisis proses berpikir kritis yang terdiri dari lima fase yaitu:

1. Saran, dimana keadaan berpikir kedepan menuju solusi yang memungkinkan;
2. Intelektualisasi kesulitan atau kebingungan menjadi masalah yang harus dipecahkan, pertanyaan yang jawabannya harus dicari;
3. Penggunaan satu saran demi satu saran sebagai ide utama, atau hipotesis, untuk memulai dan memandu pengamatan dan operasi lain dalam pengumpulan materi faktual;
4. Penguraian mental dari ide atau anggapan sebagai ide atau anggapan (penalaran, dalam arti penalaran merupakan bagian, bukan keseluruhan, dari inferensi);
5. Pengujian hipotesis melalui tindakan terbuka atau imajinatif.

Indikator keterampilan berpikir kritis menurut Ennis (1996) adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

No.	Aspek	Indikator	Sub Indikator
1.	Memberikan penjelasan sederhana	Memfokuskan pertanyaan	a. Mengidentifikasi atau memformulasikan pertanyaan b. Mengidentifikasi atau merumuskan kriteria untuk mempertimbangkan jawaban yang mungkin c. Mengatur pikiran terhadap situasi yang sedang dihadapi
		Menganalisis argumen	a. Mengidentifikasi kesimpulan b. Mengidentifikasi alasan yang dinyatakan atau tidak dinyatakan c. Mencari persamaan dan perbedaan d. Mengidentifikasi dan menangani ketidak-relevanan e. Mencari struktur sebuah argumen f. Merangkum

Tabel 3. Lanjutan

No.	Aspek	Indikator	Sub Indikator
2.	Membangun keterampilan dasar	Mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya atau tidak	a. Keahlian b. Mengurangi konflik interest c. Kesepakatan antar sumber d. Reputasi e. Menggunakan prosedur yang ada f. Mengetahui resiko g. Kemampuan memberikan alasan h. Kebiasaan berhati-hati
		Mengobservasi dan mempertimbangkan laporan hasil observasi	a. Melibatkan sedikit dugaan b. Menggunakan waktu yang singkat antara observasi dan laporan c. Melaporkan hasil observasi d. Merekam hasil observasi e. Menggunakan bukti-bukti yang benar f. Menggunakan akses yang baik g. Menggunakan teknologi h. Mempertanggungjawabkan hasil observasi
3.	Menyimpulkan	Mendeduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi	a. Kelompok yang egois b. Mengkondisikan logika c. Menginterpretasikan pertanyaan
		Menginduksi dan mempertimbangkan hasil induksi	a. Mengemukakan hal yang umum b. Mengemukakan kesimpulan dan hipotesis
		Membuat dan menentukan hasil pertimbangan	a. Membuat dan menentukan hasil pertimbangan sesuai latar belakang fakta-fakta b. Membuat dan menentukan hasil pertimbangan berdasarkan akibat c. Menerapkan konsep yang dapat diterima d. Membuat dan menentukan hasil pertimbangan keseimbangan masalah.
4.	Memberikan penjelasan lanjut	Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan suatu definisi	a. Membuat bentuk definisi (sinonim, klasifikasi, rentang ekivalen, rasional, contoh, bukan contoh) b. Strategi membuat definisi c. Membuat isi definisi
		Mengidentifikasi asumsi-asumsi	a. Penjelasan bukan pernyataan b. Mengkonstruksi argumen
5.	Mengatur strategi dan taktik	Menentukan suatu Tindakan	a. Mengungkap masalah b. Memilih kriteria untuk mempertimbangkan solusi yang mungkin c. Merumuskan solusi alternatif d. Menentukan tindakan sementara e. Mengulang kembali f. Mengamati penerapannya

2.7 Literasi Sains

Literasi sains berasal dari dua kata yaitu literasi dan sains. Secara harfiah terdiri dari kata literasi yang berarti melek huruf atau pemberantasan buta huruf sedangkan sains berasal dari kata *science* yang berarti ilmu pengetahuan (Echols & Hassan, 2000). OECD (2016) mendefinisikan literasi sains sebagai kapasitas untuk menggunakan pengetahuan ilmiah, mengidentifikasi pertanyaan, dan menarik kesimpulan berdasarkan fakta dalam rangka memahami alam semesta dan perubahan yang terjadi karena aktivitas manusia. Literasi sains penting bagi peserta didik agar mereka tidak hanya memahami sains sebagai suatu konsep namun juga dapat mengaplikasikan sains dalam kehidupan sehari-hari (Sutrisna, 2021). Mengingat saat ini tidak hanya penguasaan konsep ilmiah yang penting tetapi juga kemampuan berpikir. Literasi sains melibatkan banyak pemikiran dan menggunakan metode ilmiah untuk mengidentifikasi dan mengatasi masalah sosial yang terjadi diberbagai aspek kehidupan (Bahri & Palennari, 2024).

Rangkaian kompetensi ilmiah yang dibutuhkan pada literasi sains mencerminkan pandangan bahwa sains adalah ansambel dari praktik sosial dan epistemik yang umum pada semua ilmu pengetahuan, yang membingkai semua kompetensi sebagai Tindakan (National Research Council, 2012). Terdapat empat prinsip dasar literasi sains yaitu : (Fananta dkk., 2017)

1. Kontekstual, sesuai dengan kearifan lokal dan perkembangan zaman;
2. Pemenuhan kebutuhan sosial, budaya, dan kenegaraan;
3. Sesuai dengan standar mutu pembelajaran yang sudah selaras dengan pembelajaran abad 21;
4. Holistik dan terintegrasi dengan beragam literasi lainnya; dan
5. Kolaboratif dan partisipatif.

Peserta didik yang melek sains bersedia terlibat dalam wacana yang beralasan tentang sains dan teknologi, yang membutuhkan kompetensi untuk menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah, dan menafsirkan data dan bukti secara ilmiah (OECD, 2023). Selain itu literasi sains diartikan sebagai pengetahuan tentang fakta-fakta dasar yang diterapkan oleh sains. Terdapat tiga aspek sains yaitu pengetahuan konten, pemahaman praktik

ilmiah, dan pemahaman sains sebagai proses sosial (Dibner & Snow, 2016).

Literasi sains penting dalam dunia kerja, karena semakin banyak pekerjaan yang membutuhkan keterampilan-keterampilan tingkat tinggi, sehingga mengharuskan peserta didik belajar sains, bernalar, berpikir secara kritis dan kreatif, membuat keputusan, dan memecahkan masalah (Ardianto & Rubini, 2016).

Indikator literasi sains yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut: (OECD, 2023)

Tabel 4. Indikator Literasi Sains

Indikator	Keterangan
<i>Science contexts</i>	Isu-isu pribadi, lokal/nasional, dan global, baik saat ini maupun historis, yang menuntut pemahaman tentang sains dan teknologi
<i>Science knowledge</i>	Fakta-fakta utama, konsep, dan teori penjelasan yang menjadi dasar pengetahuan ilmiah. Pengetahuan tersebut mencakup pengetahuan tentang dunia alami dan artefak teknologi (pengetahuan konten), pengetahuan tentang bagaimana ide-ide tersebut diproduksi (pengetahuan prosedural), dan pemahaman tentang alasan yang mendasari prosedur ini dan pembenaran untuk penggunaannya (pengetahuan epistemik)
<i>Science competencies</i>	1. Menjelaskan fenomena secara ilmiah, 2. Mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah 3. Menginterpretasikan data dan bukti secara ilmiah

2.8 Penelitian yang Relevan

Beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Penelitian Relevan

No.	Peneliti, Tahun, Penerbit	Judul	Hasil
1.	Baran, M., Baran, M., Karakoyun, F., & Maskan, A. 2021. <i>Journal of Turkish Science Education</i>	<i>The influence of project-based STEM (PjBL-STEM) applications on the development of 21st century skills</i>	Kegiatan PjBL-STEM yang melibatkan penggunaan bahan limbah memiliki pengaruh positif terhadap penggunaan dan pengembangan keterampilan abad ke-21 peserta didik seperti komunikasi dan kolaborasi, pemecahan masalah, kreativitas, pemikiran kritis, tanggung jawab, kesadaran lingkungan, dan literasi teknologi informasi.
2.	Mater, N. R., Haj Hussein, M. J., Salha, S. H., Draidi, F. R., Shaqour, A. Z., Qatanani, N., & Affouneh, S. 2022.	<i>The effect of the integration of STEM on critical thinking and technology acceptance model</i>	Sikap peserta didik kelompok eksperimen berubah secara positif terhadap pembelajaran sains, teknologi, dan matematika. Peserta didik mampu memecahkan masalah kehidupan nyata, mempelajari konsep kompleks, dan menerapkannya. Disarankan untuk menggunakan aktivitas berbasis STEM

No.	Peneliti, Tahun, Penerbit	Judul	Hasil
	<i>Educational Studies</i>		di sekolah dengan cara yang lebih sistematis.
3.	Purwaningsih, E., Sari, S. P., Sari, A. M., & Suryadi, A. 2020. <i>Jurnal Pendidikan IPA Indonesia</i>	<i>The Effect of STEM-PjBL and Discovery Learning on Improving Students' Problem-Solving Skills of Impulse and Momentum Topic.</i>	STEM-PjBL memiliki efek positif yang signifikan dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik daripada kelas yang diterapkan model <i>discovery learning</i> . Pada pembelajaran STEM-PjBL, peserta didik lebih terlatih dan tertantang untuk memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari, pembelajaran di kelas eksperimen lebih mampu mengakomodasi ide-ide peserta didik dan membuat peserta didik lebih tertarik untuk belajar
4.	Adhelacahya, K., Sukarmin, S., & Sarwanto, S. 2023. <i>Jurnal Penelitian Pendidikan IPA</i>	<i>The impact of problem-based learning electronics module integrated with STEM on students' critical thinking skills</i>	Pembelajaran berbasis proyek etno-STEM memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik.
5.	Hebebcı, M. T., & Usta, E. 2022. <i>Participatory Educational Research</i>	<i>The effects of integrated STEM education practices on problem solving skills, scientific creativity, and critical thinking dispositions</i>	Penerapan pendidikan STEM terpadu berdampak positif terhadap keterampilan pemecahan masalah, kreativitas ilmiah, dan disposisi berpikir kritis peserta didik.
6.	Samsudin, M. A., Jamalı, S. M., Zain, A. N. M., & Ebrahim, N. A. 2020. <i>Journal of Turkish Science Education</i>	<i>The effect of STEM project based learning on self-efficacy among high-school physics students</i>	STEM PjBL meningkatkan efikasi diri peserta didik dalam memecahkan masalah, dengan menggabungkan STEM dengan guru PjBL memastikan keterlibatan siswa yang maksimal dalam proses pembelajaran yang dicapai.
7.	Ding, C. 2022. <i>International Journal of Educational Research Open</i>	<i>Examining the context of better science literacy outcomes among US schools using visual analytics: A machine learning approach</i>	Penggunaan analisis visual dari analisis preferensi <i>multidimensional scaling</i> (MDS) sebagai pendekatan pembelajaran sekolah dapat mencapai hasil literasi sains yang lebih baik.
8.	Maros, M., Korenkova, M., Fila, M., Levicky, M., & Schoberova, M. 2023. <i>Interactive Learning Environments</i>	<i>Project-based learning and its effectiveness: evidence from Slovakia.</i>	Efisiensi pengajaran yang lebih tinggi menggunakan pembelajaran berbasis proyek dibandingkan dengan pengajaran verbal-visual tradisional. Pembelajaran berbasis proyek memiliki kelebihan lain dibandingkan pengajaran yang lainnya tradisional. Hal ini juga ditunjukkan oleh hasil kuesioner, yang kami gunakan untuk mengetahui pendapat siswa setelah eksperimen berakhir. Hampir semua siswa menyatakan keyakinan bahwa pembelajaran berbasis proyek sangat menarik. Meskipun pembelajaran berbasis proyek memiliki banyak kelebihan, kami menyadari bahwa

No.	Peneliti, Tahun, Penerbit	Judul	Hasil
			metode ini memakan waktu dan membutuhkan pelatihan intensif bagi guru
9.	Yaki, A. A. 2022. <i>European Journal of STEM Education</i>	<i>Fostering Critical Thinking Skills Using Integrated STEM Approach among Secondary School Biology Students</i>	Pendekatan STEM terpadu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Hal ini karena para peserta didik terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran melalui kegiatan langsung dan pikiran, memecahkan masalah terbuka dan kolaborasi.
10.	Pertiwi, N. P., Saputro, S., Yamtinah, S., & Kamari, A. 2024. <i>Journal of Baltic Science Education</i>	<i>Enhancing Critical Thinking Skills through STEM Problem-Based Contextual Learning: An Integrated E-Module Education Website with Virtual Experiments</i>	Modul berbasis <i>STEM Problem-Based Contextual Learning</i> telah berhasil meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa dalam mata kuliah termokimia. Penggunaan e-modul kimia meningkatkan keterampilan berpikir kritis dari rendah menjadi tinggi.

2.9 Analisis Pemecahan Masalah

Permasalahan utama yang diangkat pada penelitian ini adalah rendahnya keterampilan berpikir kritis peserta didik yang diindikasikan sulitnya peserta didik merumuskan suatu masalah dalam kehidupan sehari-hari, merumuskan solusi dari permasalahan yang terjadi. Oleh sebab itu untuk mengatasi permasalahan tersebut, dikembangkan suatu solusi berupa penerapan e-LKPD berbasis PjBL-STEM Berdiferensiasi. Melalui e-LKPD ini, disajikan permasalahan yang nyata dan kontekstual dalam kehidupan sehari-hari peserta didik di Desa Karang Anyar, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan. Berdasarkan permasalahan yang dihasilkan peserta didik diminta untuk mengidentifikasi permasalahan yang sedang dihadapi masyarakat tersebut, kemudian memecahkan permasalahan tersebut dengan membuat alat prototipe untuk menaikan air sungai yang tidak memiliki arus ke sawah.

Pada proses pemecahan masalah, peserta didik menggunakan PjBL-STEM dikelompokkan berdasarkan kesiapan belajar mereka yang meliputi kelompok tinggi, sedang, dan rendah. Penyelesaian alat ini dilaksanakan dengan memperhatikan aspek STEM (*science, technology, engineering, and mathematics*). Peserta didik diminta mencari informasi-informasi yang dibutuhkan untuk memecahkan masalah tersebut berdasarkan bahan ajar yang dibuat oleh guru,

kemudian mengidentifikasi kekurangan dan kelebihan alat untuk menaikkan air sungai yang biasa digunakan masyarakat di Desa Karang Anyar. Berdasarkan kekurangan dan kelebihan alat tersebut peserta didik diminta untuk membuat alat modifikasi yang ramah lingkungan untuk menaikkan air sungai sesuai dengan keadaan yang terjadi di Desa Karang Anyar, yaitu dengan mengkolaborasikan antara kincir angin dan kincir air sesuai dengan timeline yang sudah dibuat.

2.10 Kerangka Berpikir

Tahap pertama pada PjBL-STEM yaitu *reflection* (refleksi). Pada tahap ini peserta didik diberikan suatu fenomena permasalahan yang ada di lingkungan sekolah yaitu SMPN Satu Atap 2 Jati Agung, yang terletak di tengah hamparan persawahan di Dusun Priangan, Desa Karang Anyar. Pada tahap ini guru memberikan suatu permasalahan yang terjadi di Desa Karang Anyar. Peserta didik hidup dalam lingkungan yang secara langsung terdampak oleh permasalahan ketersediaan air irigasi bagi pertanian, terutama saat musim kemarau. Pada musim kemarau sungai-sungai di Desa Karang Anyar mengalami penurunan volume sehingga sawah di dekat sumber air tersebut tidak dapat dialiri air kecuali menggunakan alat pompa listrik, namun tidak semua warga mampu menggunakan pompa listrik karena biaya sewa dan bahan bakar yang mahal, serta tidak ramah lingkungan. Berdasarkan fenomena yang diberikan peserta didik diminta untuk menentukan masalah yang terdapat di Desa Karang Anyar pada musim kemarau. Lebih lanjut peserta didik diminta untuk menuliskan solusi yang biasa dilakukan masyarakat, dan merefleksikan apakah solusi tersebut sudah tepat atau belum beserta alasannya. Peserta didik juga menuliskan konsep-konsep yang sudah dimiliki dan relevan untuk menyelesaikan masalah yang ditemukan. Pada tahap ini aspek keterampilan berpikir kritis yaitu memberikan penjelasan sederhana (memfokuskan pertanyaan dalam bentuk permasalahan dan menganalisis argumen) dan indikator literasi sains yaitu *science context* dapat dilatihkan

Tahap kedua pada PjBL-STEM yaitu *research* (penelitian). Peserta didik diminta untuk membaca, mengumpulkan informasi, dari sumber yang relevan yang dibutuhkan untuk memecahkan masalah yang telah ditemukan pada tahap yang pertama. Pada tahap ini peserta didik mulai mengumpulkan informasi berupa

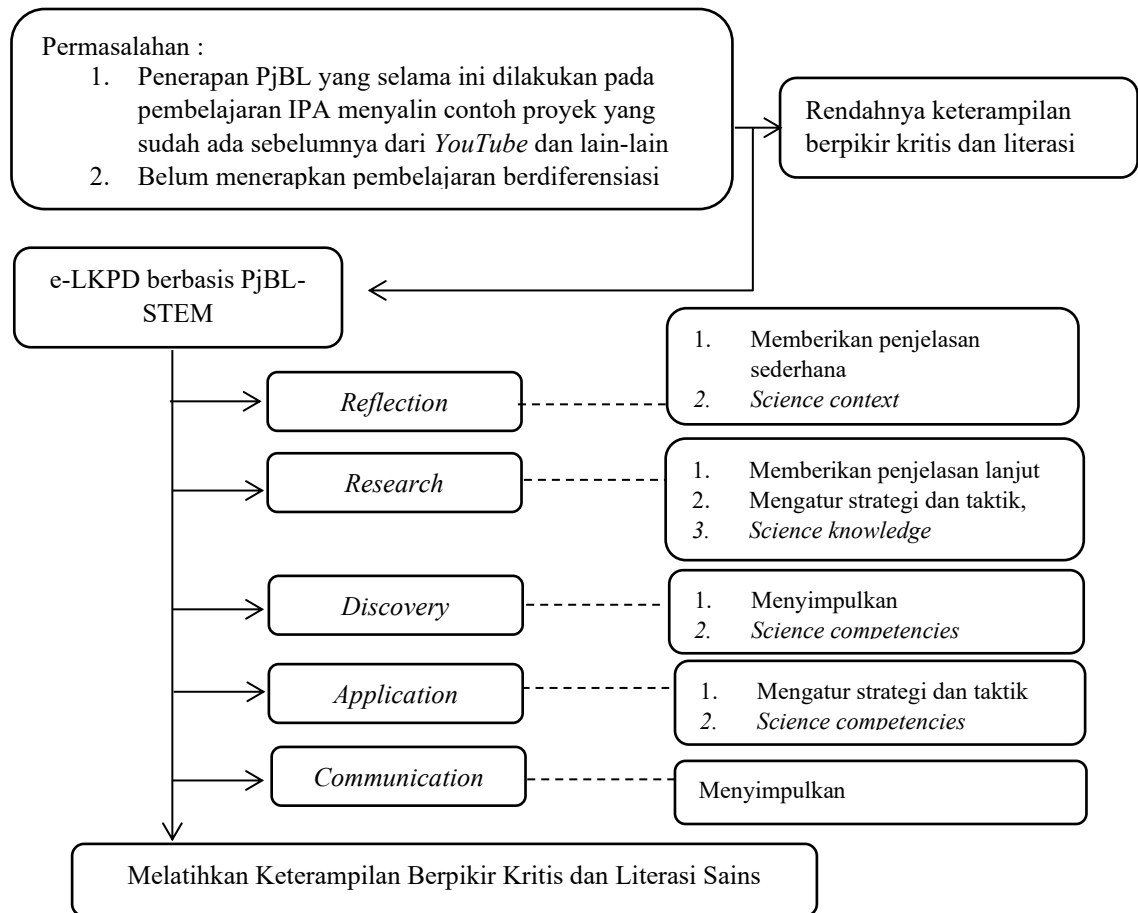
konsep pengetahuan yang harus mereka pahami lebih lanjut untuk memecahkan masalah, menentukan rencana proyek pemecahan masalah. Pendidik pada sintak ini berperan sebagai konsultan terhadap informasi yang sudah peserta didik cari dan konsultasi rencana proyek pemecahan masalah. Pada tahap ini dilatihkan aspek keterampilan berpikir kritis membangun keterampilan dasar (memperhatikan apakah sumber dapat dipercaya atau tidak) dan memberikan penjelasan lebih lanjut (mendefinisikan istilah), dan literasi sains yaitu *science knowledge*.

Tahap ketiga PjBL-STEM yaitu *discovery* (penemuan). Guru memberikan alat untuk menaikan air sungai ke sawah yang sudah sebelumnya, peserta didik diminta mengidentifikasi kelemahan dan kelebihan alat tersebut kemudian menentukan produk modifikasi untuk menyelesaikan masalah yang ditemukan. Kemudian peserta didik diminta untuk menentukan alat dan bahan serta prosedur pembuatan produk. Saat proses ini peserta didik boleh melakukan konsultasi kepada pendidik terhadap e-LKPD yang telah dikerjakan. Pada tahap ini aspek keterampilan berpikir kritis yaitu menyimpulkan (menentukan hasil pertimbangan) dan literasi sains yaitu *science competencies*.

Tahap keempat PjBL-STEM yaitu *application* (aplikasi). Pada tahap ini peserta didik diminta untuk melaksanakan proyek, selama pelaksanaan proyek peserta didik mendokumentasikan setiap proses pembuatan produk melalui foto dan video. Apabila produk yang sudah dibuat selesai, peserta didik diminta untuk mencoba produk tersebut, apabila terdapat kendala yang belum sesuai, pendidik dapat mengarahkan peserta didik untuk mengulang langkah sebelumnya. Pada tahap ini aspek keterampilan berpikir kritis yaitu mengatur strategi dan taktik (menentukan suatu tindakan), dan literasi sains yaitu *science competencies*.

Tahap kelima PjBL-STEM yaitu *communication* (komunikasi). Pada sintak ini peserta didik diminta mempresentasikan produk yang telah dibuat dalam bentuk prototipe, PPT, video, dan mengumpulkan laporan. Kelompok lain yang tidak mempresentasikan produk diharapkan memberikan umpan balik berupa pertanyaan dan saran/masukan, hal yang sama dilakukan oleh pendidik. Aspek ke-

terampilan berpikir kritis yaitu memberikan penjelasan lebih lanjut (mengidentifikasi asumsi-asumsi). Kerangka pemikiran dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kerangka Pikir

III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Model Pengembangan pada penelitian ini adalah *Research and Development* (R &D). Penelitian yang dilakukan menghasilkan produk, yaitu e-LKPD berbasis PjBL-STEM Berdiferensiasi untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik SMP pada materi teknologi ramah lingkungan. Desain penelitian ini menggunakan Gall et al (2003). Adapun Langkah-langkah penelitian pada desain Gall et al (2003) terdapat 10 langkah yaitu penelitian dan pengumpulan informasi, perencanaan, pengembangan produk awal, uji lapangan terbatas, revisi produk awal, uji lapangan utama, revisi produk hasil uji lapangan utama, pengujian lapangan operasional, revisi produk akhir, dan penyebaran dan implementasi. Desain penelitian Gall et al (2003) ditunjukkan pada Gambar 2.

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terdiri dari 10 tahap diuraikan sebagai berikut:

1. Tahap Penelitian dan Pengumpulan Data

Pada tahap penelitian dan pengumpulan data mencakup studi literatur dan studi lapangan bertujuan untuk mengumpulkan informasi untuk proses pengembangan e-LKPD berbasis PjBL-STEM untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan literasi sains pada pembelajaran berdiferensiasi peserta didik SMP.

a. Studi literatur

Studi literatur yang dilakukan pada penelitian ini berupa mengkaji terkait aturan-aturan penulisan e-LKPD, model PjBL-STEM, pembelajaran berdiferensiasi, keterampilan berpikir kritis dan literasi sains serta capaian pembelajaran kelas IX pada materi teknologi ramah lingkungan. Hasil dari

kajian ini dijadikan sebagai acuan dalam pengembangan e-LKPD berbasis PjBL-STEM dalam pembelajaran berdiferensiasi.

b. Studi lapangan

Studi lapangan terdiri dari penyebaran angket kebutuhan guru dan peserta didik terhadap penggunaan lembar kerja peserta didik di sekolah, keterampilan berpikir kritis, literasi sains, dan pembelajaran di sekolah. Setelah itu, dilakukan pengolahan data angket yang telah diperoleh. Studi lapangan dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai kondisi dan fakta pembelajaran IPA di lapangan. Tujuan studi lapangan untuk mengetahui keadaan yang terdapat di sekolah pada proses pembelajaran, kendala-kendala terkait LKPD yang digunakan saat melaksanakan pembelajaran.

2. Tahap Perencanaan

Pada tahap studi lapangan dan memperoleh hasil berupa pengisian angket yang telah dilakukan oleh guru dan peserta didik, maka tahap selanjutnya yaitu perencanaan dalam hal ini produk e-LKPD dalam bentuk *storyboard* dan modul ajar PjBL-STEM Diferensiasi. Hasil dari studi lapangan yang telah dilakukan diolah terlebih dahulu dan digunakan sebagai acuan perancangan dan pengembangan e-LKPD berbasis PjBL-STEM. Setelah itu, dilakukan penyusunan modul ajar, dan penyusunan instrumen penelitian berupa angket validasi produk e-LKPD aspek isi, keterbacaan, dan kemenarikan, kisi-kisi soal pretes-postes keterampilan berpikir kritis dan literasi sains, soal pretes-postes keterampilan berpikir kritis dan literasi sains, rubrik penilaian pretes-postes keterampilan berpikir kritis dan literasi sains, angket respon peserta didik terhadap pembelajaran, dan lembar keterlaksanaan pembelajaran. e-LKPD dapat dilihat pada Lampiran 5.

Pada e-LKPD berbasis PjBL-STEM berdiferensiasi yang telah dikembangkan terdiri atas:

a. Pendahuluan

Pada bagian pendahuluan dalam e-LKPD ini terdiri atas identitas e-LKPD berupa judul e-LKPD, logo unila, fkip, dan kampus merdeka, materi dan sub materi, alokasi waktu, kelas dan semester, capaian pembelajaran, kolom nama kelompok, petunjuk pengerjaan e-LKPD, dan nama penyusun e-LKPD.

b. Isi

Bagian isi dalam e-LKPD terdiri atas tahapan pembelajaran yang sesuai dengan model PjBL-STEM.

c. Penutup

Bagian penutup dalam e-LKPD ini terdiri atas daftar pustaka dan profil pengembang,

3. Tahap Pengembangan Produk Awal

Tahap ketiga dalam model pengembangan ini adalah pengembangan produk awal. Setelah melakukan perencanaan berupa *storyboard* terhadap e-LKPD berbasis PjBL-STEM berdiferensiasi yang telah dikembangkan, maka pada tahap ini dilakukan proses pengembangan produk e-LKPD berbasis PjBL-STEM pada pembelajaran berdiferensiasi menggunakan aplikasi canva. Setelah selesai dibuat, maka produk e-LKPD berbasis PjBL-STEM pada pembelajaran berdiferensiasi diberi nama draft I. Draft I yang telah selesai selanjutnya dikonsultasikan kepada pembimbing. Apabila terdapat perbaikan maka draft I yang telah diperbaiki menjadi (Draf i) dan dikonsultasikan kembali.

4. Uji Lapangan Terbatas

Setelah melaksanakan pengembangan produk awal dan didapatkan produk final berupa draft i. Selanjutnya draft i yang telah disetujui diserahkan kepada ahli untuk dilakukan validasi terhadap aspek isi, keterbacaan, dan kemenarikan oleh dua dosen Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung.

5. Revisi Produk Awal

Setelah dilakukan perbaikan pada draft i, maka draft hasil perbaikan dikonsultasikan kembali. Apabila draft hasil perbaikan telah dinyatakan valid, maka selanjutnya draft ini akan dilakukan uji lapangan terbatas.

6. Uji Lapangan Utama

Uji coba lapangan terbatas dilakukan untuk mengetahui kepraktisan e-LKPD berbasis PjBL-STEM pada pembelajaran berdiferensiasi menggunakan responden guru dan peserta didik. Adapun aspek kepraktisan e-LKPD berbasis PjBL-STEM

pada pembelajaran berdiferensiasi yang dinilai oleh guru adalah aspek kesesuaian isi, aspek keterbacaan, dan kemenarikan produk, sedangkan peserta didik menilai aspek kemenarikan dan aspek keterbacaan produk. Uji coba lapangan awal telah dilakukan pada 15 peserta didik SMA Kelas X dan tiga pendidik bidang studi IPA SMPN di Lampung Selatan. Angket yang diberikan bertujuan mengetahui kepraktisan e-LKPD PjBL-STEM pada pembelajaran berdiferensiasi.

7. Revisi Produk Hasil Uji Lapangan Utama

Setelah melakukan uji coba lapangan utama, maka dilakukan perbaikan terhadap e-LKPD berbasis PjBL-STEM pada pembelajaran berdiferensiasi. Revisi dilakukan berdasarkan pertimbangan hasil uji coba lapangan utama yaitu hasil uji kesesuaian isi, keterbacaan, dan kemenarikan oleh pendidik serta tanggapan peserta didik mengenai keterbacaan dan kemenarikan oleh peserta didik terhadap e-LKPD berbasis PjBL-STEM pada pembelajaran berdiferensiasi yang dikembangkan. Selanjutnya draft hasil perbaikan dikonsultasikan.

8. Pengujian Lapangan Operasional

Tahap selanjutnya adalah pengujian lapangan operasional. Pada tahap ini produk e-LKPD berbasis PjBL-STEM yang sudah valid dan praktis dilakukan pengujian keefektifannya dalam melatih keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik. Penelitian ini menggunakan uji keefektifan dengan desain *quasi experimental* dengan *the matching-only pretest-posttest control group design* (Fraenkle *et al.*, 2012). Desain penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 6.

Populasi dalam penelitian ini adalah peserta didik kelas IX di SMPN Satu Atap 2 Jati Agung, yang mencakup tiga kelas dengan total peserta didik sebanyak 96 orang. Sampel pada penelitian ini diambil menggunakan teknik *purposive sampling* dengan menggunakan analisis kesamaan dua rata-rata, sehingga didapatkan kelas IX A dan IX B. Kelas IX B dipilih sebagai kelas eksperimen yang menggunakan e-LKPD berbasis PjBL-STEM Berdiferensiasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains, sementara kelas IX A ditetapkan sebagai kelas kontrol yang diterapkan pembelajaran konvensional.

Tabel 6. Desain Penelitian

Kelas	Perlakuan awal	Pretes	Perlakuan Proses	Postes
Eksperimen	M	O	X	O
Kontrol	M	O	C	O

Sumber: Fraenkle *et al.*, 2012.

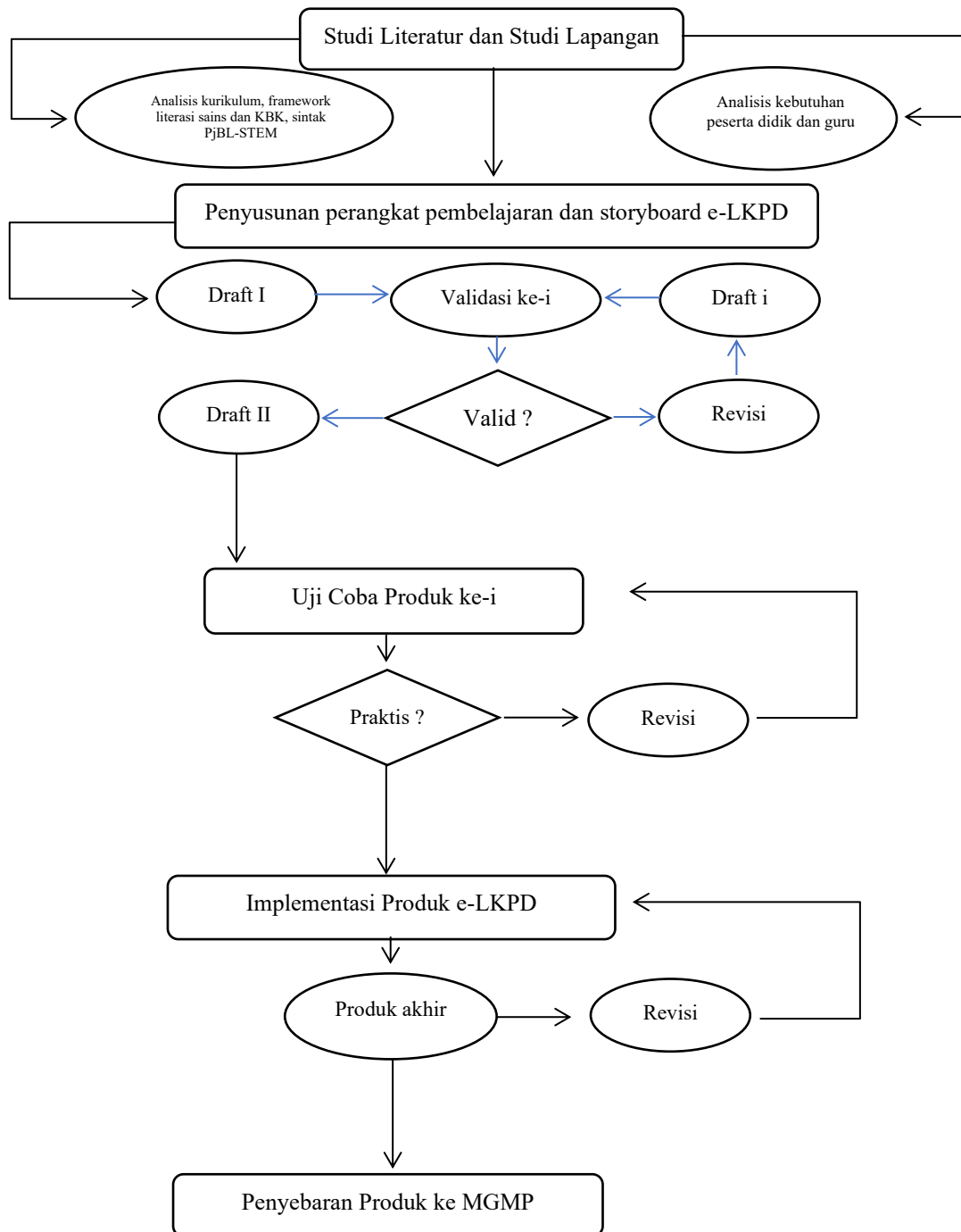
- M = *Matching* kelas eksperimen dan kelas kontrol
 O = Kelas eksperimen dan kontrol diberi pretes-postes
 C = Kelas kontrol diberi perlakuan pembelajaran konvensional
 X = Kelas eksperimen diberi perlakuan pembelajaran berdiferensiasi e-LKPD berbasis PjBL-STEM

9. Revisi Produk Akhir

Setelah melaksanakan uji lapangan operasional, selanjutnya adalah melakukan perbaikan terhadap produk e-LKPD berbasis PjBL-STEM berdasarkan hasil analisis data terhadap nilai n-Gain keterampilan berpikir kritis dan literasi sains.

10. Penyebaran dan Implementasi

Setelah melaksanakan perbaikan produk e-LKPD berbasis PjBL-STEM pada pembelajaran berdiferensiasi dalam melatih keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik. Selanjutnya melakukan penyebaran atau desiminasi ke grup musyawarah guru mata pelajaran IPA (MGMP) se-Lampung Selatan untuk memberikan saran dan masukan, serta mengimplementasikan e-LKPD yang telah dikembangkan dalam pembelajaran IPA pada sekolah-sekolah di Lampung Selatan.



Keterangan :

- = Alur
 ○ = Hasil
 ◇ = Kevalidan dan Kepraktisan

Gambar 4. Diagram prosedur penelitian
Sumber: Gall et al., 2003

3.3 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri dari asesmen diagnostik kesiapan peserta didik, angket analisis studi pendahuluan peserta didik dan guru, angket validasi produk e-LKPD aspek isi, keterbacaan, dan kemenarikan, kisi-kisi soal pretes-postes keterampilan berpikir kritis dan literasi sains, soal pretes-postes keterampilan berpikir kritis dan literasi sains, rubrik penilaian pretes-postes keterampilan berpikir kritis dan literasi sains, angket respon peserta didik terhadap pembelajaran, dan lembar keterlaksanaan pembelajaran. Asesmen diagnostik yang diterapkan dalam penelitian ini adalah asesmen diagnostik kesiapan belajar berupa aspek kognitif, yang berfungsi untuk mengidentifikasi tingkat kesiapan belajar peserta didik sebelum mengikuti pembelajaran. Setelah melaksanakan asesmen diagnostik, selanjutnya melakukan *matching* kepada seluruh kelas IX menggunakan soal pretes. Kemudian melakukan analisis kesamaan uji rata-rata menggunakan SPSS 25.0.

Produk e-LKPD berbasis PjBL-STEM Berdiferensiasi yang telah dibuat di validasi menggunakan angket validasi produk e-LKPD yang meliputi aspek isi, keterbacaan, dan kemenarikan diberikan kepada dua ahli IPA yaitu Dosen magister Pendidikan IPA dan tiga Guru IPA. Soal pretes-postes bertujuan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik dan diberikan sebelum dan sesudah melaksanakan pembelajaran e-LKPD berbasis PjBL-STEM. Adapun secara rinci jenis data, sumber data, bentuk instrumen disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Teknik Pengumpulan Data

No.	Jenis Data	Sumber Data	Bentuk Instrumen	Uji
1.	Analisis Kebutuhan Peserta Didik	Peserta Didik	Kuesioner	-
2.	Analisis Kebutuhan Guru	Guru	Kuesioner	-
3.	Asesmen Diagnostik	Peserta Didik	Kuesioner	-
4.	Pretes	Peserta Didik	Tes	Uji Kesamaan Dua Rata-rata
5.	Validasi Ahli	Dosen	Kuesioner	
6.	Respon Guru	Guru	Kuesioner	-
7.	Respon Peserta Didik	Peserta Didik	Kuesioner	-

Tabel 7. Lanjutan

No.	Jenis Data	Sumber Data	Bentuk Instrumen	Uji
8.	Pretes dan postes	Peserta Didik	Tes	Uji Normalitas, Uji Homogenitas, dan Uji Perbedaan dua rata-rata
9.	Keterlaksanaan Proses Pembelajaran menggunakan e-LKPD berbasis PjBL-STEM berdiferensiasi	Peserta Didik	Lembar Observasi	-
10.	Respon peserta didik terhadap pembelajaran	Peserta didik	Kuesioner	-

3.4 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.4.1 Teknik analisis data hasil angket pada studi lapangan

Teknik analisis data pengisian angket pada studi lapangan dilakukan dengan cara:

1. Mengklasifikasi data untuk mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan pada angket.
2. Memberikan skor pada setiap jawaban sesuai dengan kriteria penskoran
3. Menghitung jumlah skor jawaban setiap pertanyaan.
4. Menghitung persentase jawaban setiap pertanyaan sesuai dengan rumus berikut ini: (Sudjana, 2005).

$$\% J_i = \frac{\sum J_i}{N} \times 100 \%$$

Keterangan:

% J_i = Persentase pilihan jawaban ke-i

$\sum J_i$ = Jumlah responden yang menjawab jawaban ke-i

N = Jumlah seluruh responden

5. Menjelaskan hasil penafsiran presentasi jawaban responden dalam bentuk deskriptif naratif.

3.4.2 Analisis data instrument hasil validasi ahli dan kepraktitis e-LKPD

Hasil angket yang telah dianalisis pada penelitian ini merupakan angket hasil validasi ahli, tanggapan guru, dan peserta didik terhadap produk e-LKPD berbasis PjBL-STEM yang dibuat. Analisis data dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Mengelompokkan jawaban berdasarkan pertanyaan angket
2. Melakukan tabulasi data, dari setiap jawaban berdasarkan pertanyaan yang disajikan dalam kuisisioner dan banyaknya responden.

3. Memberi skor jawaban responden. Penskoran jawaban responden dalam angket dilakukan berdasarkan skala Likert (1932) pada Tabel 8.

Tabel 8. Tabel penskoran jawaban responden

Pilihan Jawaban	Skor
Sangat Setuju (SS)	5
Setuju (S)	4
Kurang Setuju (KS)	3
Tidak Setuju (TS)	2
Sangat Tidak Setuju (STS)	1

4. Mengolah jumlah skor jawaban responden.
5. Menghitung persentase jawaban kuisioner pada setiap pertanyaan dengan menggunakan rumus sebagai berikut: (Sudjana, 2005)

$$\% X_{in} = \frac{\sum S}{S_{max}} \times 100 \%$$

Keterangan:

$\% X_{in}$ = Persentase jawaban kuisioner ke-i

$\sum S$ = Jumlah skor jawaban kuisioner

S = Skor maksimal

6. Menghitung rata-rata persentase validasi dari dua dosen ahli dan guru untuk mengetahui tingkat validitas isi, keterbacaan, dan kemenarikan e-LKPD berbasis PjBL-STEM dengan rumus sebagai berikut:

$$\% X_i = \frac{\sum \% X_{in}}{N} \times 100 \%$$

Keterangan:

$\% X_i$ = Rata-rata angket validasi isi, keterbacaan, dan kemenarikan

$\sum \% X_{in}$ = Jumlah rata-rata persentase kuisioner ke-i

N = Jumlah pertanyaan pada kuisioner

7. Menafsirkan kriteria validasi analisis persentase produk hasil validasi ahli menggunakan tafsiran Arikunto (2013) yang terdapat pada Tabel 9.

Tabel 9. Kriteria Analisis Persentase Validasi

Persentase	Tingkat Kevalidan	Keterangan
76% – 100%	Valid	Layak/tidak perlu revisi
51% – 75%	Cukup Valid	Cukup layak/revisi Sebagian
26% – 50%	Kurang Valid	Kurang layak/revisi Sebagian
< 26%	Tidak Valid	Tidak layak/revisi total

8. Menafsirkan kriteria kepraktisan analisis persentase produk hasil kepraktisan dengan menggunakan tafsiran Arikunto (2013) sesuai dengan Tabel 10.

Tabel 10. Kriteria Persentase Analisis Kepraktisan

Persentase	Tingkat Kepraktisan	Keterangan
76% – 100%	Praktis	Praktis/tidak perlu revisi
51% – 75%	Cukup Praktis	Cukup Praktis/revisi Sebagian
26% – 50%	Kurang Praktis	Kurang Praktis/revisi Sebagian
< 26%	Tidak Praktis	Tidak Praktis/revisi total

3.4.3 Analisis validitas dan reliabilitas instrumen tes

Uji coba instrumen dilakukan untuk mengetahui dan mengukur apakah instrumen yang digunakan telah memenuhi syarat dan layak digunakan sebagai pengumpul data. Instrumen yang baik harus memenuhi dua persyaratan penting yaitu valid dan reliabel (Arikunto, 2013).

1. Validitas

Uji validitas dilakukan dengan menggunakan rumus *product moment* dengan angka kasar yang dikemukakan oleh Pearson, dalam hal ini analisis akan dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS versi 25.0 *for windows*.

2. Reliabilitas

Uji reliabilitas dilakukan menggunakan rumus *Alpha Cronbach* yang kemudian diinterpretasikan dengan menggunakan derajat reliabilitas alat evaluasi menurut Arikunto (2013), dalam hal ini analisis dilakukan dengan menggunakan program SPSS 25.0 *for windows*. Kemudian menginterpretasikan nilai *Alpha Cronbach* seperti pada Tabel 11.

Tabel 11. Kriteria Derajat Reliabilitas

Derajat Reliabilitas	Kriteria
$0,80 < r_{11} \leq 1,00$	Sangat Tinggi
$0,60 < r_{11} \leq 0,80$	Tinggi
$0,40 < r_{11} \leq 0,60$	Sedang
$0,20, < r_{11} \leq 0,40$	Rendah
$0,00 < r_{11} \leq 0,20$	Tidak Reliabel

3.4.4 Analisis Uji Pretes-Postes

Analisis nilai pretes dan postes pada penilaian keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik dilakukan sebagai berikut.

$$\text{Nilai Peserta didik} = \frac{\text{Jumlah skor jawaban yang diperoleh}}{\text{jumlah skor maksimal}} \times 100$$

Setelah mendapatkan nilai peserta didik selanjutnya adalah menghitung nilai *n-Gain*. Perhitungan nilai *n-Gain* dengan menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Hake (2002) adalah sebagai berikut:

$$N - \text{gain} = \frac{\text{skor postes} - \text{skor pretes}}{100 - \text{skor pretes}}$$

Perhitungan selanjutnya adalah menghitung rata-rata nilai *n-Gain* dari nilai *n-Gain* masing-masing peserta didik dengan rumus sebagai berikut:

$$< g > = \frac{\text{jumlah } n - \text{gain peserta didik}}{\text{jumlah peserta didik}}$$

Penentuan kriteria dari nilai *n-Gain* yang diperoleh dengan Tabel 12 berikut ini.

Tabel 12. Kriteria nilai *n-Gain*

<i>n-Gain</i>	Kriteria
> 0,7	Tinggi
0,3 < <i>n-Gain</i> ≤ 0,7	Sedang
<i>n-Gain</i> ≤ 0,3	Rendah

3.4.5 Analisis Keterlaksanaan Pembelajaran menggunakan e-LKPD Berbasis PjBL-STEM

Analisis data keterlaksanaan pembelajaran diukur melalui observasi keterlaksanaan pembelajaran menggunakan e-LKPD berbasis PjBL-STEM yang meliputi sintak, sistem sosial, dan perilaku guru oleh dua observer dalam hal ini adalah guru IPA di SMPN Satu Atap 2 Jati Agung. Analisis keterlaksanaan pembelajaran menggunakan e-LKPD yang telah dikembangkan dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Menghitung jumlah skor yang diberikan oleh observer untuk setiap aspek pengamatan, kemudian menghitung persentase ketercapaian dengan rumus:

$$\% J_i = \frac{\sum J_i}{N} \times 100 \%$$

Keterangan:

- % Ji = Persentase dari skor maksimum untuk setiap aspek pengamatan pada pertemuan ke-i
 $\sum J_i$ = Jumlah skor setiap aspek pengamatan yang diberikan oleh observer pada pertemuan ke-i
 N = Skor maksimal

2. Menafsirkan data dengan tafsiran harga presentase sebagaimana Tabel 13.

Tabel 13. Kriteria Persentase Keterlaksanaan Pembelajaran

Persentase Keterlaksanaan	Kriteria
80,1% – 100%	Sangat Tinggi
60,1% – 80%	Tinggi
40,1% – 60%	Sedang
20,1% – 40%	Rendah
0,00% – 20%	Sangat rendah

3.4.6 Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis pada penelitian ini menggunakan uji independent *sample t-test* dengan *software* SPSS versi 25.0 *for windows*. Uji statistik pada penelitian ini dilakukan melalui tahapan sebagai berikut.

1. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data dari sampel berdistribusi normal atau tidak dan untuk menentukan uji selanjutnya apakah memakai statistik parametrik atau non parametrik. Hipotesis untuk uji normalitas:

H_0 = data penelitian berdistribusi normal

H_1 = data penelitian berdistribusi tidak normal

Data dikatakan memenuhi asumsi normalitas jika pada Kolmogorov-Smirnov nilai sig. > 0.05.

2. Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk memperoleh informasi bahwa sampel penelitian yang dibandingkan memiliki varians homogen atau tidak. Rumusan hipotesis untuk uji ini adalah sebagai berikut:

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ (sampel berasal dari populasi yang memiliki variasi homogen)

$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ (tidak semua sampel berasal dari populasi yang memiliki variasi homogen)

Data dikatakan mempunyai varians yang sama atau homogen apabila nilai $sig > 0,05$.

3. Uji Kesamaan Dua Rata-Rata

Uji dilakukan untuk mengetahui apakah keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik di kelas eksperimen tidak berbeda secara signifikan dengan kelas kontrol. Adapun rumusan hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

$H_0 : \mu_{11} = \mu_{22}$ = nilai pretes keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik kedua kelas sama.

$H_1 : \mu_{11} \neq \mu_{22}$ = nilai pretes keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik tidak sama.

$H_0 : \mu_{12} = \mu_{23}$ = nilai pretes keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik kedua kelas sama.

$H_1 : \mu_{12} \neq \mu_{23}$ = nilai pretes keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik tidak sama.

Keterangan:

μ_{11} = nilai pretes keterampilan berpikir kritis peserta didik kelas A

μ_{22} = nilai pretes keterampilan berpikir kritis peserta didik kelas B

μ_{12} = nilai pretes literasi sains peserta didik kelas A

μ_{23} = nilai pretes literasi sains peserta didik kelas B

Kriteria uji terima terima H_0 apabila nilai $sig.(2-tailed)$ yang diperoleh $> 0,05$

4. Uji *Independent Sample T-Test*

Uji ini dilakukan untuk mengetahui seberapa efektif atau tidaknya perlakuan terhadap sampel dengan melihat nilai n-Gain keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik dikelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol. Adapun rumusan hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

$H_0 : \mu_{11} \leq \mu_{22}$ = Rata-rata n-Gain keterampilan berpikir kritis peserta didik kelas eksperimen lebih rendah daripada kelas kontrol.

$H_1 : \mu_{11} \geq \mu_{22}$ = Rata-rata n-Gain keterampilan berpikir kritis peserta didik kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol.

$H_0 : \mu_{12} \leq \mu_{23}$ = Rata-rata n-Gain keterampilan literasi sains peserta didik kelas eksperimen lebih rendah daripada kelas kontrol.

$H_1 : \mu_{12} \geq \mu_{23}$ = Rata-rata n-Gain keterampilan literasi sains peserta didik kelas

eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol.

Keterangan:

- μ_{11} = nilai pretes keterampilan berpikir kritis peserta didik kelas kontrol
 μ_{22} = nilai pretes keterampilan berpikir kritis peserta didik kelas eksperimen
 μ_{12} = nilai pretes literasi sains peserta didik kelas kontrol
 μ_{23} = nilai pretes literasi sains peserta didik kelas eksperimen

Kriteria uji terima H_1 apabila nilai $sig > 0,05$.

3.4.7 Effect Size

Uji *effect size* dilakukan untuk mengetahui ukuran besarnya pengaruh e-LKPD berbasis PjBL-STEM Berdiferensiasi yang dikembangkan terhadap keterampilan berpikir kritis dan literasi sains peserta didik. Nilai *effect size* dihitung menurut Cohen (1988).

$$d = \frac{(M_2 - M_1)}{SD}$$

Keterangan:

- d = *effect size*
 M_2 = Rata-rata kelas eksperimen
 M_1 = Rata-rata kelas kontrol
 SD = Standar Deviasi

Nilai *effect size* yang didapatkan kemudian diinterpretasikan menurut Cohen (1988).

Tabel 14. Ukuran *Effect Size*

Nilai <i>effect size</i>	Kriteria
$\eta^2 < 0,2$	Efek kecil
$0,2 \leq \eta^2 < 0,5$	Efek sedang
$\eta^2 \geq 0,5$	Efek besar

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. e-LKPD berbasis PjBL-STEM berdiferensiasi yang dikembangkan memiliki ciri-ciri berbasis proyek alat untuk menaikkan air sungai yang tidak memiliki arus kesawah, disertai bahan ajar dalam bentuk barcode dalam e-LKPD, mengakomodasi tiap-tiap kesiapan belajar peserta didik, dan bersifat interaktif karena peserta didik dapat mengisi jawaban pada kolom yang telah disediakan dimana saja dan kapan saja serta peserta didik/guru langsung mendapatkan umpan balik terhadap jawaban.
2. e-LKPD berbasis PjBL-STEM berdiferensiasi yang dikembangkan telah praktis dan memiliki persentase kepraktisan dengan kategori “sangat tinggi”. Hal ini ditunjukkan dengan hasil respon guru terhadap aspek kesesuaian isi 98,82%, aspek keterbacaan 96,85%, dan aspek kemenarikan sebesar 99,22% serta dan persentase respon peserta didik aspek keterbacaan 98,46% dan aspek kemenarikan 93,75%. Tingginya kepraktisan e-LKPD dikarenakan e-LKPD yang dikembangkan telah memuat permasalahan yang kontekstual, kemudahan penggunaan e-LKPD, petunjuk penggunaan, dan kejelasan langkah-langkah pembelajaran dalam e-LKPD.
3. e-LKPD berbasis PjBL-STEM berdiferensiasi yang dikembangkan efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains. Hal ini dikarenakan terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata nilai n-Gain keterampilan berpikir kritis dan literasi sains kelas eksperimen dan kelas kontrol. Pengaruh besarnya penggunaan e-LKPD yang dikembangkan ditunjukkan dari

nilai *effect size* keterampilan berpikir kritis 1,29 dan literasi sains 1,48 yang berkategori besar.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan, saran pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi peneliti selanjutnya diharapkan untuk mencari *software* yang digunakan untuk membuat e-LKPD yang tidak memiliki keterabatas halaman.
2. Bagi peneliti yang akan mengembangkan alat untuk menaikkan air, hendaknya menggunakan alat penghubung seperti gir dan rantai sepeda agar memudahkan perputaran kincir air.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, A. 2015. *Guru sains sebagai inovator (merancang pembelajaran sains inovatif berbasis riset)*. Yogyakarta: Media Akademi.
- Adhelacahya, K., Sukarmin, S., & Sarwanto, S. 2023. The impact of problem-based learning electronics module integrated with STEM on students' critical thinking skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(7), 4869-4878.
- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. 2016. Penerapan project based learning terintegrasi STEM untuk meningkatkan literasi sains siswa ditinjau dari gender. *Jurnal inovasi pendidikan IPA*, 2(2), 202-212.
- Agustyaningrum, N., & Pradanti, P. 2022. Teori Perkembangan Piaget dan Vygotsky: Bagaimana Implikasinya dalam Pembelajaran Matematika Sekolah Dasar?. *Jurnal Absis: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Matematika*, 5(1), 568-582.
- Amalia, A., Rini, C. P., & Amaliyah, A. 2021. Analisis kemampuan berpikir kritis siswa kelas v dalam pembelajaran ipa di sdn karang tengah 11 kota Tangerang. *Sibatik Journal: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, dan Pendidikan*, 1(1), 33-44.
- Ambarita, J., & Simanullang, M. P. K. P. S. 2023. *Implementasi Pembelajaran Berdiferensiasi*. Jawa Barat: Penerbit Adab.
- Angga, A., Abidin, Y., & Iskandar, S. 2022. Penerapan pendidikan karakter dengan model pembelajaran berbasis keterampilan abad 21. *Jurnal Basicedu*, 6(1), 1046-1054.
- Antoro, B. 2017. *Gerakan Literasi Sekolah dari pucuk hingga akar: sebuah refleksi*. Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Apiati, V., & Hermanto, R. 2020. Kemampuan berpikir kritis peserta didik dalam memecahkan masalah matematik berdasarkan gaya belajar. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(1), 167-178.
- Ardianto, D., & Rubini, B. 2016. Literasi sains dan aktivitas peserta didik pada pembelajaran IPA terpadu tipe shared. *Unnes Science Education Journal*, 5(1)

- Arikunto, S. 2013. *Evaluasi Program Pendidikan Edisi kedua*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Asri, Y. N. 2018. Pembelajaran berbasis stem melalui pelatihan robotika. *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 3(2), 74-78.
- Ayuni, Q., & Tressyalina. 2020. Analysis of Needs Of E-LKPD Based on Contextual Teaching and Learning (CTL) in Linear Learning for Exposition Text Materials. In *The 3rd International Conference on Language, Literature, and Education (ICLLE 2020)* (pp. 279-283). Atlantis Press.
- Bahri, A., & Palennari, M. 2024. Efektivitas Penerapan Model Flipped Classroom pada Pembelajaran Biologi Terhadap Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik Kelas XI SMA Negeri 1 Majene. *ORYZA (JURNAL PENDIDIKAN BIOLOGI)*, 13(2), 164-173.
- Baran, M., Baran, M., Karakoyun, F., & Maskan, A. (2021). The influence of project-based STEM (PjBL-STEM) applications on the development of 21st century skills. *Journal of Turkish Science Education*, 18(4), 798-815.
- Care, E., Griffin, P., & McGaw, B. 2012. *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17-66). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Cohen, J. 1988. *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Dalampira, E. S., & Nastis, S. A. 2020. Mapping sustainable development goals: A network analysis framework. *Sustainable Development*, 28(1), 46-55.
- Dewey, J. 1933. *How We Think: A Restatement of the Relation of Reflective Thinking to the Educative Process*, Lexington, MA: D.C. Heath.
- Dewi, O. K., & Luthfah, S. 2022. *Praktik Pembelajaran yang Berpihak pada Murid*. Jakarta: Kemendikbudristek.
- Dianti, S. A. T., Pamelasari, S. D., & Hardianti, R. D. 2023. Penerapan pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan stem terhadap peningkatan kemampuan literasi sains siswa. In *Proceeding Seminar Nasional IPA*.
- Diaz, D., & King, P. 2007. Adapting A Post Secondary Stem Instructional Model To K 5 Mathematics Instruction. In *2007 Annual Conference & Exposition* (pp. 12-175).
- Dibner, K. A., & Snow, C. E. (Eds.). 2016. *Science literacy: Concepts, contexts, and consequences*.

- Ding, C. 2022. Examining the context of better science literacy outcomes among US schools using visual analytics: A machine learning approach. *International Journal of Educational Research Open*, 3, 100191.
- Dung, L., Q. 2024. A Study On The Effects Of Critical Thinking On The Development Of Speaking Ability. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 14(3).
- Echols, J. & Hassan, S. 2000. *Kamus Inggris-Indonesia*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Ennis, R. H. 1985. A logical basis for measuring critical thinking skills. *Educational leadership*, 43(2), 44-48.
- Ennis, R. H., & Weir, E. 1985. *The Ennis-Weir critical thinking essay test: Test manual, criteria, scoring sheet*. Midwest Publications.
- Ennis, R.H. 1996. *Critical Thinking*. New Jersey: Printice-Hall Inc.
- Facione, P. A. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction*. Millbrae, CA: The California Academic Press.
- Fadhilah, A. N. 2022. Steam-based biology learning in the society 5.0 era. *Proceedings: National Conference on Mathematics and Science*, University of PGRI Banyuwangi, 2(1), 182-190.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. 2012. *How to Design and Evaluate Research in Education (Eighth Edition)*. McGraw-Hill Inc. New York.
- Fitriani, A., Zubaidah, S., Susilo, H., & Al Muhdhar, M. H. I. 2020. PBLPOE: A Learning Model to Enhance Students' Critical Thinking Skills and Scientific Attitudes. *International Journal of Instruction*, 13(2), 89-106.
- Fitriyah, I. M. N., & Ghofur, M. A. 2021. Pengembangan E-LKPD berbasis android dengan model pembelajaran problem based learning (PBL) untuk Melatihkan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(5), 1957-1970.
- Furi, L. M. I., Handayani, S., & Maharani, S. 2018. Eksperimen model pembelajaran project based learning dan project based learning terintegrasi stem untuk meningkatkan hasil belajar dan kreativitas peserta didik pada kompetensi dasar teknologi pengolahan susu. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 35(1), 49-60.
- Gall, M.D., Gall, J.P. and Borg, W.R. 2003. *Educational research: An introduction*. Boston: Pearson Education Inc.

- Gandi, A. S. K., Haryani, S., & Setiawan, D. 2019. The effect of project-based learning integrated STEM toward critical thinking skill. *Journal of Primary Education*, 8(7), 18-23.
- Hake, R. R. 2002. Relationship of Individual Student Normalized Learning Gains in Mechanics with Gender, High School Physics, and Pretes Score in Mathematics and Spatial Visualization. *Physic Education Research Conference*, 66(1), 1-14.
- Hausfather, S. J. 1996. Vygotsky and schooling: Creating a social context for learning. *Action in teacher education*, 18(2), 1-10.
- Hebebcı, M. T., & Usta, E. 2022. The effects of integrated STEM education practices on problem solving skills, scientific creativity, and critical thinking dispositions. *Participatory Educational Research*, 9(6), 358-379.
- Irawan, M. F., Zulhijrah, Z., & Prastowo, A. 2023. Perencanaan Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Berbasis Project Based Learning Pada Kurikulum Merdeka di Sekolah Dasar. *PIONIR: Jurnal Pendidikan*, 12(3).
- Ibda, F. 2015. Perkembangan kognitif: teori jean piaget. *Intelektualita*, 3(1).
- Khoiriza, I., Aminatun, T., Pramusinta, W., & Hujatulatif, A. 2021. Science Learning and Environment: Analysis of Student's Scientific Literacy Based on Indonesia's Waste Problem. In *6th International Seminar on Science Education (ISSE 2020)* (pp. 775-779). Atlantis Press.
- Kopnina, H. 2020. Education for the future? Critical evaluation of education for sustainable development goals. *The Journal of Environmental Education*, 51(4), 280-291.
- Kumalasari, N. S., & Pramono, R. 2024. Penerapan Model Problem Based-Learning Berdiferensiasi Metode Station Rotation untuk Meningkatkan Literasi, Keterampilan Berpikir Kritis, serta Kreativitas Pada Mata Pelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 5(8).
- Laboy-Rush, D. 2011. Integrated STEM education through project-based learning. *Learning. com*, 12(4), 1-12.
- Latip, A. D. A & Supriatna, A. 2022. *Strategi Project Based Learning (PjBL) berbasis Science, Technology, Enggenering, and Mathematic*. Penerbit Widina Media Utama, Bandung.
- Likert, R. 1932. A Technique for the Measurement of Attitudes, *Archives of Psychology*, 140: 1-55.
- Liu, O. L., Shaw, A., Gu, L., Li, G., Hu, S., Yu, N., ... & Loyalka, P. 2018. Assessing college critical thinking: preliminary results from the Chinese

- HEIghten® Critical Thinking assessment. *Higher Education Research & Development*, 37(5), 999-1014.
- McLeod, S. 2024. Vygotsky's theory of Cognitive Development. *Simply Psychology*, updated on January, 24.
- Maros, M., Korenkova, M., Fila, M., Levicky, M., & Schoberova, M. 2023. Project-based learning and its effectiveness: evidence from Slovakia. *Interactive Learning Environments*, 31(7), 4147-4155.
- Mater, N. R., Haj Hussein, M. J., Salha, S. H., Draid, F. R., Shaqour, A. Z., Qatanani, N., & Affounh, S. 2022. The effect of the integration of STEM on critical thinking and technology acceptance model. *Educational Studies*, 48(5), 642-658.
- Meyer, D. K., & Turner, J. C. 2007. Scaffolding emotions in classrooms. In *Emotion in education* (pp. 243-258). Academic Press.
- Nahak, R. L., & Lawa, S. T. N. 2023. Pengaruh Pembelajaran Berdiferensiasi Dalam Model Project Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta didik Kelas Iv Sdi Barai 2. *HINEF: Jurnal Rumpun Ilmu Pendidikan*, 2(2), 62-69.
- National Research Council. 2012. *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*, Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards, Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, United States.
- Newman, D., Griffin, P., & Cole, M. 1989. *The construction zone: Working for cognitive change in school*. New York: Cambridge University Press.
- Nieveen, N. 2010. Formative evaluation in education design research. dalam plomp, t nieveen, n (eds). an introduction to education design research, 8-101. *Enschede SLO Netherland institute for curriculum development*.
- Nurfatimah, S. A., Hasna, S., & Rostika, D. 2022. Membangun kualitas pendidikan di Indonesia dalam mewujudkan program Sustainable Development Goals (SDGs). *Jurnal Basicedu*, 6(4), 6145-6154.
- Nurlita, R. 2023. Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (ELKPD) Berbasis STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) pada Materi Makromolekul (Bachelor's thesis, Jakarta: FITK UIN Syarif Hidayatullah Jakarta).
- OECD. 2023. *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education, PISA*. Paris: OECD Publishing.

- OECD. 2016. *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education, PISA*. Paris: OECD Publishing.
- P21. 2007. *the Intellectual and Policy Foundations of the 21st Century Skills Framework*. Washington DC: Partnership for 21st Century Skills.
- Pertiwi, N. P., Saputro, S., Yamtinah, S., & Kamari, A. 2024. Enhancing Critical Thinking Skills through STEM Problem-Based Contextual Learning: An Integrated E-Module Education Website with Virtual Experiments. *Journal of Baltic Science Education*, 23(4), 739-766.
- Piaget, J. 1929. *The child's conception of the world*. London: Routledge
- Piaget, J. 1950. *The psychology of intelligence*. London : Routledge
- Prastowo, A. 2011. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: DIVA press.
- Prastowo, A. 2015. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif. Menciptakan Metode Pembelajaran yang menarik dan Menyenangkan*. Jakarta: DIVA Press.
- Purnomo, H. & Yuhanar, I. 2019. *Tutorial Pembelajaran Berbasis Proyek*. Yogyakarta: Penerbit K Media.
- Purwaningsih, E., Sari, S. P., Sari, A. M., & Suryadi, A. 2020. The Effect of STEM-PjBL and Discovery Learning on Improving Students' Problem-Solving Skills of Impulse and Momentum Topic. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(4), 465-476.
- Puspita, V., & Dewi, I. P. 2021. Efektifitas E-LKPD berbasis Pendekatan Investigasi terhadap Kemampuan Berfikir Kritis Peserta didik Sekolah Dasar. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(1), 86-96.
- Rahayuni, G. 2016. Hubungan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains pada pembelajaran IPA terpadu dengan model PBM dan STM. *Jurnal penelitian dan Pembelajaran IPA*, 2(2), 131-146.
- Rahardhian, A. 2019. *Mari belajar tentang STEM*. Surabaya: Kanaka Media.
- Rahardhian, A. 2022. Pengaruh Pembelajaran Pjbl Berbasis Stem Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Listrik Dinamis. *Jurnal Inovasi Penelitian Dan Pembelajaran Fisika*, 3(1), 1-9.
- Rahmawati, Y., Hadinugrahaningsih, T., Ridwan, A., Palimbunga, U. S., & Mardiah, A. 2021. Developing the critical thinking skills of vocational school students in electrochemistry through STEM-Project-based learning

- (STEM-PjBL). In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2331, No. 1). AIP Publishing.
- Riyanto, R., Fauzi, R., Syah, I. M. A., & Muslim, U. B. 2021. *Model STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) dalam Pendidikan*. Bandung: Widina Bhakti Persada.
- Sakti, N. C., & Ainiyah, M. U. 2024. Pembelajaran Berdiferensiasi Berbasis Proyek dalam Melatihkan Hasil Belajar Peserta Didik di Era Pembelajaran Abad 21. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(2), 706-711.
- Samsudin, M. A., Jamali, S. M., Zain, A. N. M., & Ebrahim, N. A. 2020. The effect of STEM project based learning on self-efficacy among high-school physics students. *Journal of Turkish Science Education*, 17(1), 94-108.
- Setyowati, Y., Kaniawati, I., Sriyati, S., Nurlaelah, E., & Hernani, H. 2022. The development of science teaching materials based on the PjBL-STEM model and ESD approach on environmental pollution materials. *JUPI (Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA)*, 6(1), 45-53.
- Silfiyani, A., Suyatna, A. & Abdurrahman. 2024. Development of Differentiated E-LKPD Integrated with PjBL-STEM to Improve Students Science Literacy. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(7), 4404-4411.
- Sholihah, N., & Indana, S. 2018. Validitas dan Kepraktisan LKPD Literasi Sains pada Materi Jamur untuk Melatihkan Berpikir Kritis Siswa Kelas X SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 7(2), 177-186.
- Spannring, R. 2019. Ecological citizenship education and the consumption of animal subjectivity. *Education sciences*, 9(1), 41.
- Suardipa, I. P. 2023. Lini masa kebijakan kurikulum merdeka dalam tatanan kotruksi mutu profil pelajar pancasila. *PINTU: Jurnal Penjaminan Mutu*, 3(2).
- Sudjana, N. 2005. *Metode Statistika Edisi Keenam*. Bandung: PT. Tarsito.
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukardi. 2008. *Evaluasi Pendidikan Prinsip & Operasionalnya*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Sutiani, A., Situmorang, M., & Silalahi, A. 2021. Implementation of an inquiry learning model with science literacy to improve student critical thinking skills. *International Journal of Instruction*, 14(2), 117-138.

- Sutrisna, N. 2021. Analisis kemampuan literasi sains peserta didik SMA di Kota Sungai Penuh. *Jurnal inovasi penelitian*, 1(12), 2683-2694.
- Suwartiningsih, S. 2021. Penerapan pembelajaran berdiferensiasi untuk melatih hasil belajar peserta didik pada mata pelajaran IPA pokok bahasan tanah dan keberlangsungan kehidupan di Kelas IXb semester genap SMPN 4 Monta tahun pelajaran 2020/2021. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)*, 1(2), 80-94.
- Tomlinson, C. A. 2014. *The differentiated classroom: Responding to the needs of all learners*. Alexandria: Ascd.
- Tomlinson, C. A. 2017. *How to differentiate instruction in academically diverse classrooms*. Alexandria: Ascd.
- Tomlinson, C. A. 2001. *How to differentiate instruction in mixed-ability classrooms*. Alexandria: Ascd.
- Topçiu, M., & Myftiu, J. 2015. Vygotsky theory on social interaction and its influence on the development of pre-school children. *European Journal of Social Sciences Education and Research*, 2(3), 172-179.
- Trilling, B., & Fadel, C. 2009. 21st century skills: Learning for life in our times. San Francisco, CA: Jossey-Bass
- Tsai, P. Y., Chen, S., Chang, H. P., & Chang, W. H. 2013). Effects of Prompting Critical Reading of Science News on Seventh Graders' Cognitive Achievement. *International Journal of Environmental and Science Education*, 8(1), 85-107.
- Vygotsky L., S. 1934. *Pensiero e linguaggio*. Firenze: Giunti-Barbera.
- Vygotsky, L. S. 1987. *The Collected Works of L. S. Vygotsky (Vol. 1)*. In R. W. Rieber and A. S Carton (Eds), New York and London: Plenum Press.
- Yaki, A. A. 2022. Fostering Critical Thinking Skills Using Integrated STEM Approach among Secondary School Biology Students. *European Journal of STEM Education*, 7(1), 6.
- Yusro, A. C., & Ardania, R. 2023. Upaya peningkatan hasil belajar IPA melalui implementasi pembelajaran berdiferensiasi model PJBL dengan media kartu. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains (JIPS)*, 4(1), 1-9.
- Zahroh, D. A., & Yuliani, Y. 2021. Pengembangan e-LKPD berbasis literasi sains untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi pertumbuhan dan perkembangan. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 10(3), 605-616.