

**PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PROYEK PADA PENGOLAHAN
LIMBAH DAUN MENJADI BRIKET UNTUK MELATIHKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN
*SUSTANABILITY LITERACY***

(Skripsi)

Oleh

**FARHANA
NPM 2113022011**



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

ABSTRAK

PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PROYEK PADA PENGOLAHAN LIMBAH DAUN MENJADI BRIKET UNTUK MELATIHKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN *SUSTAINABILITY LITERACY*

Oleh

FARHANA

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan LKPD berbasis proyek yang valid, praktis, dan efektif untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* peserta didik pada materi energi alternatif. Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini menggunakan model 4D (*Define, Design, Develop, and Disseminate*) yang diadaptasi oleh Thiagarajan (1974) dengan menggunakan penilaian terhadap uji validitas, uji kepraktisan yang terdiri dari uji keterbacaan, uji persepsi guru, dan uji respon peserta didik, serta uji keefektifan. Hasil uji validitas menyatakan bahwa rata-rata nilai dari ketiga validator sebesar 3,72, rata-rata validasi media dan desain sebesar 3,73 yang termasuk kategori sangat valid, dan validasi materi dan konstruk sebesar 3,71 yang termasuk kategori sangat valid. Hasil uji kepraktisan menunjukkan bahwa rata-rata skor uji keterbacaan sebesar 66,35% dengan kategori terbaca. Uji respon peserta didik memperoleh skor 66,85% dalam kategori baik, sementara untuk uji persepsi guru mencapai 80,66% yang termasuk dalam kategori praktis. Hasil uji keefektifan menunjukkan skor rata-rata 93,13% untuk keterampilan berpikir kritis dan 90,83% untuk keterampilan *sustainability literacy* dengan kategori sangat terlatih. Hal ini menunjukkan bahwa LKPD berbasis proyek yang dikembangkan valid, praktis, dan efektif dalam melatih keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy*, dibuktikan melalui peningkatan pada ketercapaian indikator.

Kata Kunci : Keterampilan Berpikir Kritis, Keterampilan *Sustainability Literacy*, LKPD, Pembelajaran Berbasis Proyek, Pengolahan Limbah

ABSTRACT

DEVELOPING A PROJECT-BASED LKPD ON PROCESSING LEAF WASTE INTO BRIQUETTES TO TRAIN CRITICAL THINKING SKILLS AND SUSTANABILITY LITERACY

By

FARHANA

This study aims to develop valid, practical, and effective project-based worksheets to train students' critical thinking skills and sustainability literacy in alternative energy. The research design used in this study employs the 4D model (Define, Design, Develop, and Disseminate) adapted by Thiagarajan (1974), incorporating validity testing, practicality testing (including readability testing, teacher perception testing, and student response testing), and effectiveness testing. The validity test results showed that the average score from the three validators was 3.72, the average media and design validation score was 3.73, which falls into the highly valid category, and the material and construct validation score was 3.71, which also falls into the highly valid category. The practicality test results showed that the average readability test score was 66.35%, categorized as readable. The student response test scored 66.85% in the good category, while the teacher perception test reached 80.66%, categorized as practical. The effectiveness test results showed an average score of 93.13% for critical thinking skills and 90.83% for sustainability literacy skills, both categorized as highly trained. This indicates that the project-based LKPD developed is valid, practical, and effective in training critical thinking skills and sustainability literacy, as evidenced by significant improvements in indicator achievement.

Keyword : Critical Thinking Skills, LKPD, Project-Based Learning, Sustainability Literacy Skills, Waste Management

**PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PROYEK PADA PENGOLAHAN
LIMBAH DAUN MENJADI BRIKET UNTUK MELATIHKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN
*SUSTANABILITY LITERACY***

Oleh

FARHANA

Skripsi

**Sebagai Salah Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PENDIDIKAN**

Pada

**Program Studi Pendidikan Fisika
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



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

Judul Skripsi

**: PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS
PROYEK PADA PENGOLAHAN LIMBAH
DAUN MENJADI BRIKET UNTUK
MELATIHKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS DAN SUSTANABILITY
LITERACY**

Nama Mahasiswa

: Farhana

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2113022011

Program Studi

: Pendidikan Fisika

Jurusan


: Pendidikan MIPA


Fakultas

: Keguruan dan Ilmu Pendidikan



1. Komisi Pembimbing


Dr. Kartini Herlina, M.Si.
NIP 196506161991022001


Anggreini, S.Pd., M.Pd.
NIP 199105012019032029

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

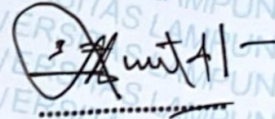


Dr. Nurhanurawati, M.Pd.
NIP. 19670808 199103 2 001

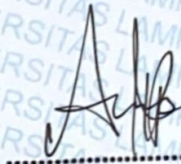
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Kartini Herlina, M. Si.



Sekretaris : Anggreini, S.Pd., M.Pd.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.**



2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Abet Maydiantoro, M.Pd.

NIP. 19870504 201404 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 30 Juni 2025

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Farhana
NPM : 2113022011
Fakultas/Jurusan : KIP/Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Fisika
Alamat : Perumahan flyover residen kecamatan natar lampung selatan

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Bandar Lampung, 31 Juli 2025
Yang membuat pernyataan,



Farhana
NPM 2113022011

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Natar, pada tanggal 05 Oktober 2003. Penulis adalah putri dari pasangan Bapak Soeherman Abdul Rahman dan Alm Ibu R.A. Komala Sari. Penulis mengawali pendidikan formal pada tahun 2008 di TK Pewa Natar. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan pada tahun 2009 di SDN 05 Merak Batin dan pada tahun 2011 penulis pindah di SD Muhammadiyah 1. Pada tahun 2015, penulis melanjutkan pendidikan di SMP Muhammadiyah 3. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Natar dan lulus pada tahun 2021. Pada tahun yang bersamaan penulis diterima dan terdaftar sebagai Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika di Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Penulis merupakan mahasiswa aktif di kegiatan berorganisasi. Penulis tergabung sebagai anggota Divisi Pendidikan di Himpunan Mahasiswa Pendidikan Eksakta (Himasakta) pada tahun periode pertama, dan anggota Divisi Sosial dan Humaniora (Soshum) pada tahun periode kedua. Lalu, penulis juga tergabung sebagai anggota Divisi Pembinaan pada tahun periode pertama dan kedua, lalu pada periode ketiga penulis tergabung sebagai anggota Divisi Minat dan Bakat (Mikat) di Aliansi Mahasiswa Pendidikan Fisika (Almafika). Selain itu, penulis juga melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sumber Agung, Kecamatan Sragi, Kabupaten Lampung Selatan. Kegiatan tersebut bersamaan dengan pelaksanaan Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) 1 dan 2 yang dilaksanakan di SMKN 1 Sragi.

MOTTO

*“Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah adalah benar”
(Q.S. Ar-Rum: 60)*

*“Selalu ada harga dalam sebuah proses. Nikmati saja lelah-lelah itu. Lebarkan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau investasikan untuk menjadikan dirimu serupa yang kau impikan, mungkin tidak akan selalu berjalan lancar. Tapi, gelombang-gelombang itu yang nanti bisa kau ceritakan”
(Boy Candra)*

*"Bukan hanya tentang teori dan data yang kususun di antara deadline dan rasa jenuh, tapi tentang perjalanan menjadi manusia yang lebih sabar, lebih kuat, dan lebih paham bahwa proses sering kali lebih berharga dari hasil. Skripsi ini adalah cerita tentang keyakinan yang diuji, tentang harapan yang sempat redup, lalu menyala lagi pelan-pelan, tapi pasti. Karena pada akhirnya, bukan gelar yang paling berarti, melainkan siapa aku setelah melewati semuanya."
(Farhana)*

PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, nikmat, dan petunjuk-Nya yang senantiasa menyertai setiap langkah. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW. Dengan penuh rasa syukur dan ketulusan hati, penulis mempersembahkan karya sederhana ini sebagai wujud tanggung jawab dalam menuntaskan jenjang pendidikan, sekaligus ungkapan bakti yang mendalam kepada:

1. Orang tua tersayang, Bapak Soeherman Abdul Rahman, Alm. R.A. Komala Sari dan dr. Idayanti, terima kasih atas doa, restu, pengorbanan, dan cinta tanpa syarat yang menjadi cahaya di setiap langkahku.
2. Nenek terkasih, Suparmi, terima kasih atas cinta, doa, dan keteladanan yang diam namun selalu nyata terasa. Semangatmu selalu hadir dalam setiap langkah perjuanganku.
3. Bude tercinta, Sulaili, terima kasih atas perhatian, kasih sayang, dan semangat yang terus menguatkan hingga hari ini.
4. Para pendidik, terima kasih atas ilmu, bimbingan, dan ketulusan yang menerangi jalan belajarku.
5. Sahabat-sahabat tercinta, terima kasih atas tawa, pelipur lara, dan semangat yang menjadikan perjuangan ini lebih ringan dan bermakna.
6. Almamater tercinta Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas nikmat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan di FKIP Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung;
3. Ibu Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
4. Ibu Dr. Viyanti, M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika;
5. Ibu Dr. Karini Herlina, M.Si., selaku Pembimbing I sekaligus Pembimbing Akademik, yang dengan penuh kesediaan dan ketulusan telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi;
6. Ibu Anggreini, M.Pd., selaku Pembimbing II yang dengan penuh keikhlasan telah bersedia memberikan ide, masukan, bimbingan, serta dorongan semangat kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini;
7. Bapak Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd., yang telah dengan penuh keikhlasan bersedia menjadi pembahas serta memberikan arahan dan masukan demi perbaikan skripsi ini;
8. Bapak Prof. Dr. Abdurahman, M.Si., Ibu Ryna Aulia Falamy, M.Si.P., dan Ibu Sulistiani, M.Pd., sebagai validator terhadap produk yang dikembangkan oleh peneliti

9. Bapak dan Ibu Dosen beserta staf Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung yang telah memberikan bimbingan dan dukungan kepada penulis selama menjalani proses pembelajaran;
10. Rekan-rekan mahasiswa semester 4 Pendidikan Fisika Universitas Lampung yang telah memberikan bantuan dalam proses pelaksanaan penelitian ini;
11. Sahabat tercinta, Aisyah Endah Anandari, Zahra Aliyah, Laila Maharani, dan Jihan Amilia
12. Teman-teman yang selalu kebersamai, Alvina Anju Khairunnisa, dan Missy Yulia Kurniawati;
13. Teman-teman tersayang 9 Naga, Anissa Fahturrahmi, Fadhillah Oktaviyanti, Nia Nurma Yunita, Tikvi Silvana Faradia, Tiara Anraladila Nasution, Leovi Permata Ayida, Rosa Linda, dan Atika Yulandari;
14. Teman-teman terkasih, Rahma Widiati, Tamara Januardina Manik, Tiara Anraladila Nasution.
15. Teman-teman bimbingan (Mahasiswa bimbingan ibu Dr. Kartini Herlina, M.Si.), yaitu Diana Puspita, Fitra Melisa, dan Amanda Fajar Arifia yang telah berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan skripsi;
16. Teman-teman seperjuangan 45, Nauval Hanif, Dea Natasya, Widya Saputri, Rita Rahayu, Ahmad Nizar May Faldi, dan M. Akbar Putra Ramadhan;
17. Teman-teman seperjuangan Lup 21;
18. Kepada seseorang yang pernah mendampingi penulis, terima kasih atas segala sikap dan bantuan yang diberikan selama proses penyusunan skripsi ini. Meskipun kebersamaan tersebut telah berakhir, pengalaman tersebut memberikan motivasi dan pelajaran berharga dalam proses pendewasaan diri.

Bandar Lampung, 31 Juli 2025
Penulis,

Farhana
NPM 2113022011

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	7
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Teori Belajar.....	10
2.1.1 Teori Belajar Konstruktivisme Sosial	10
2.1.2 Teori Belajar Bermakna Ausubel.....	11
2.2 Pembelajaran Berbasis Proyek (PBP)	12
2.3 Lembar Kerja Peserta Didik	14
2.4 Limbah Daun Kering.....	17
2.5 <i>Alternatif Fuel</i>	18
2.6 Keterampilan Berpikir Kritis.....	20
2.7 Keterampilan <i>Sustainability Literacy</i>	22
2.8 Penelitian Relevan.....	24
2.9 Kerangka Pemikiran	25
III. METODE PENELITIAN.....	48
3.1. Desain Penelitian Pengembangan.....	48
3.2. Prosedur Pengembangan	48
3.2.1 Tahap <i>Define</i>	48
3.2.2 Tahap <i>Design</i> (Perancangan)	30
3.2.3 Tahap <i>Develop</i> (Pengembangan)	33

3.2.4 Tahap <i>Disseminate</i> (Penyebaran).....	35
3.3. Instrumen Penelitian	36
3.3.1 Instrumen pada Tahap <i>Define</i>	36
3.3.2 Instrumen pada Tahap <i>Develop</i>	37
3.4. Teknik Pengumpulan Data	39
3.5. Teknik Analisis Data	40
3.5.1 Teknik Analisis Data Kevalidan	40
3.5.2 Teknik Analisis Data Kepraktisan	40
3.5.3 Teknik Analisis Data Uji Coba Produk.....	41
3.5.4 Teknik Analisis Data Keefektifan.....	43
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Hasil Penelitian Pengembangan	30
4.1.1 Produk	30
4.1.2 Hasil Validasi.....	46
4.1.3 Hasil Uji Kepraktisan.....	47
4.1.4 Hasil Uji Keefektifan	51
4.2 Pembahasan	52
4.2.1 <i>Define</i>	52
4.2.2 <i>Design</i>	54
4.2.3 <i>Development</i>	55
4.2.4 <i>Disseminate</i>	88
V. KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	91
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN.....	94

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis.....	21
2. Indikator dan Sub Indikator Keterampilan Sustainability Literacy	23
3. Penelitian Relevan.....	24
4. Skala likert pada angket uji validasi expert.....	38
5. Skala likert pada angket uji kepraktisan.....	38
6. Konversi skor penilaian kevalidan produk.....	40
7. Konversi skor penilaian kepraktisan	41
8. Konversi skor penilaian persepsi terhadap produk	42
9. Konversi skor penilaian respon terhadap produk.....	42
10. Konversi skor kategori penilaian keterampilan.....	43
11. Uji Empiris Briket.....	46
12. Hasil Rerata Skor Uji Ahli	46
13. Rangkuman Masukan Penilaian Ahli Media dan Desain.....	47
14. Hasil uji keterbacaan	48
15. Hasil Uji Respon Peserta didik	49
16. Hasil Uji Presepsi Guru.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	. Halaman
1. Kerangka Pemikiran.....	28
2. Rancangan Desain Produk	31
3. Rancangan Desain <i>Biofuel</i> Berupa Briket dari Limbah	32
4. Alur model Pengembangan 4D	36
5. Tampilan <i>cover</i> LKPD berbasis proyek.....	30
6. Rerata Skor Indikator Ketercapaian Keterampilan BP	51
7. Rerata Skor Indikator Ketercapaian Keterampilan SL.....	51
8. Pembentukan Tim dan Pembagian LKPD	61
9. Jawaban Sebelum Dibimbing Pada Keterampilan SL P1	64
10. Jawaban Setelah Dibimbing Pada Keterampilan SL P1	65
11. Jawaban Sebelum Dibimbing Pada Keterampilan SLP2 Dan BK1	66
12. Jawaban Setelah Dibimbing Pada Keterampilan SL P2 Dan BK 1	66
13. Jawaban Sebelum Dibimbing Pada Keterampilan SL P4	67
14. Jawaban Setelah Dibimbing Pada Keterampilan SL P4	67
15. Jawaban Sebelum Dibimbing Pada Keterampilan SL P3 Dan K2.....	68
16. Jawaban Setelah Dibimbing Pada Keterampilan SL P3 Dan K2.....	68
17. Jawaban Sebelum Dibimbing Pada Keterampilan SL K1.....	69
18. Jawaban Sebelum Dibimbing Pada Keterampilan BK 2.....	71
19. Jawaban Setelah Dibimbing Pada Keterampilan BK 2.....	72
20. Jawaban Sebelum Dibimbing Pada Keterampilan SL K3.....	73
21. Jawaban Setelah Dibimbing Pada Keterampilan SL K3.....	73
22. Jawaban Sebelum Dibimbing Pada Keterampilan SL K3	74
23. Jawaban Setelah Dibimbing Pada Keterampilan SL K3.....	74
24. Jawaban Sebelum Dibimbing Pada Keterampilan SL K3.....	75
25. Jawaban Setelah Dibimbing Pada Keterampilan SL K3.....	75
26. Jawaban Sebelum Dibimbing Pada Keterampilan SL S3	77

27. Jawaban Setelah Dibimbing Pada Keterampilan SL S3	77
28. Membuat Proyek	79
29. Menguji Coba Proyek	79
30. Jawaban Pada Keterampilan SL S1.....	80
31. Jawaban Peserta Didik Merakit Proyek	81
32. Jawaban Peserta Didik Pada Keterampilan BK 4	83
33. Jawaban Peserta Didik Pada Keterampilan BK 5	85
34. Jawaban Peserta Didik Pada Keterampilan SL S2.....	85
35. Jawaban Peserta Didik Pada Keterampilan SL S3	86
36. Jawaban Peserta Didik Pada Keterampilan BK 5	87

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Angket Analisis Kebutuhan Peserta Didik.....	97
2. Hasil Analisis Kebutuhan Peserta Didik.....	104
3. Angket Analisis Kebutuhan Guru.....	106
4. Surat izin permohonan pra-penelitian.....	112
5. Instrumen Uji Validasi Produk.....	113
6. Rekapitulasi Hasil Uji Validitas Produk.....	117
7. Instrumen Uji Keterbacaan.....	118
8. Rekapitulasi Hasil Uji Keterbacaan.....	121
9. Instrumen Uji Persepsi Guru.....	122
10. Rekapitulasi Hasil Uji Persepsi Guru.....	126
11. Hasil Uji persepsi guru.....	127
12. Instrumen Respon Peserta Didik.....	128
13. Rekapitulasi Hasil Uji Respon Peserta Didik.....	132
14. LKPD.....	135
15. Rubrik Penilaian LKPD.....	159
16. Hasil rekapitulasi ketercapaian indikator Berpikir Kritis.....	166
17. Hasil rekapitulasi ketercapaian indikator Sustainability Literacy.....	168
18. Surat Permohonan Validator 1.....	172
19. Surat Permohonan Validator 2.....	173
20. Surat Permohonan Validator 3.....	174
21. Surat Izin Penelitian.....	175
22. Hasil Jawaban LKPD Peserta Didik Sebelum Dibimbing.....	176
23. Hasil Jawaban LKPD Peserta Didik Setelah Dibimbing.....	184

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keterampilan abad 21 menjadi aspek penting dalam pendidikan untuk membekali peserta didik dengan kemampuan yang relevan di era modern. Seiring dengan meningkatnya tantangan dalam pembelajaran di kelas, peserta didik perlu memiliki keterampilan abad 21 yang berfokus pada 4C, yaitu berpikir kreatif (*creative thinking skills*), keterampilan komunikasi (*communication skills*), keterampilan kolaborasi (*collaboration skills*), terkhusus dan berpikir kritis (*critical thinking skills*) (Nurhayati *et al.*, 2024). Salah satu keterampilan yang perlu diterapkan kepada peserta didik yaitu berpikir kritis (Ariadila *et al.*, 2023).

Berpikir kritis melibatkan kemampuan menganalisis informasi secara mendalam untuk membuat keputusan yang tepat. Keterampilan ini memungkinkan seseorang untuk mempertimbangkan berbagai perspektif sebelum menarik kesimpulan yang logis. Keterampilan berpikir kritis penting bagi peserta didik pada era sekarang karena dapat membantu berpikir secara logis, menyelesaikan masalah dengan baik, dan membuat keputusan secara rasional (Meisyaroh dan Supahar, 2023). Berpikir kritis melibatkan peserta didik agar dapat memahami, menganalisis, mengevaluasi, dan menyimpulkan hasil penyelesaian yang ditanyakan (Ardiyanti dan Nuroso, 2021). Salah satu hasil dari pemikiran kritis ini adalah pengembangan energi alternatif.

Energi alternatif menjadi salah satu sumber energi pengganti dari bahan fosil secara berkelanjutan (Siagian *et al.*, 2023). Salah satu sumber energi alternatif yang bisa dikembangkan dan ramah lingkungan adalah dengan memanfaatkan

limbah organik (Nikmah, 2019). Pemanfaatan limbah organik saat ini belum dikelola dengan baik, karena hanya dibiarkan menumpuk dan menimbulkan risiko pencemaran lingkungan yang dapat merugikan ekosistem serta kesehatan masyarakat sekitar. Namun, limbah tersebut memiliki potensi yang baik sebagai sumber energi alternatif.

Energi menjadi salah satu kebutuhan dasar manusia yang terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya kebutuhan hidup. Hingga saat ini, Indonesia sangat bergantung pada sumber energi tak terbarukan seperti energi fosil. Penggunaan bahan bakar fosil yang semakin banyak meningkatkan risiko penurunan ketersediaan sumber daya tersebut (Febrianti, 2020). Sumber energi fosil yang semakin menipis menjadi masalah karena energi tak terbarukan ini tidak dapat diisi ulang, sehingga mengancam kestabilan pasokan energi global dan memaksa peralihan cepat ke sumber energi alternatif (Fahmi *et al.*, 2022). Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil, serta mampu memanfaatkan sumber energi yang ramah lingkungan dan memenuhi kebutuhan energi yang berkelanjutan (*sustainability literacy*).

Sustainability literacy berperan dalam meningkatkan pemahaman peserta didik mengenai isu-isu terkait literasi keberlanjutan, serta memperkuat keterampilan seperti pengetahuan, kepedulian, sikap, perilaku, dan pandangan hidup terkait alam serta interaksi manusia dengan lingkungan (Qureshi, 2020). Literasi ini mencakup pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang memungkinkan peserta didik untuk membuat keputusan yang bertanggung jawab dan berkelanjutan, dengan mempertimbangkan dampaknya terhadap masa depan (Adam *et al.*, 2021). Menurut Narut dan Nardi (2019), *sustainability literacy* di bidang pendidikan masih tergolong rendah. Banyak peserta didik yang belum sepenuhnya memahami konsep keberlanjutan maupun dampak dari tindakan mereka terhadap lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan usaha untuk meningkatkan pemahaman tentang *sustainability literacy* dalam pendidikan, sehingga dapat melahirkan generasi muda yang

peduli terhadap lingkungan dan siap menghadapi tantangan lingkungan di masa depan.

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan di enam SMA di provinsi Lampung dengan melibatkan 131 peserta didik merasa kesulitan untuk menguasai konsep energi alternatif dalam kehidupan sehari-hari. Penyebabnya seperti sebanyak 71% dari mereka menyatakan bahwa keterbatasan alat dan bahan praktik menjadi kendala dalam pembelajaran materi energi alternatif. Sebanyak 74,8% peserta didik belum pernah memanfaatkan limbah lingkungan sekitar untuk materi ini. Selain itu, 58,8% peserta didik menyebutkan bahwa guru hanya menggunakan buku referensi sebagai bahan ajar. Sebanyak 64,1% peserta didik mengatakan bahwa guru tidak memperjelas konsep melalui kegiatan praktik. Kemudian, 53,4% peserta didik menyatakan bahwa LKPD tidak digunakan dalam pembelajaran materi energi alternatif. Namun, menurut 67,2% peserta didik, guru masih menggunakan keterampilan proses sains dalam aktivitas mengamati, 53,4% menyatakan bahwa guru sudah menerapkan keterampilan proses sains dalam mempertanyakan dan memprediksi, dan belum menggunakan keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy*.

Hasil penelitian pendahuluan terhadap enam guru fisika SMA di Provinsi Lampung menunjukkan bahwa 83,3% guru telah menerapkan metode pembelajaran diskusi, serta belum pernah memanfaatkan limbah sebagai praktik dalam proses pembelajaran. Selain itu, terdapat 66,7% guru mengalami keterbatasan alat dan bahan praktik dalam pembelajaran energi alternatif. Aktivitas peserta didik dan guru selama pembelajaran menggunakan e-modul dari internet karena dapat mempermudah akses dalam proses pembelajaran. Sehingga, 83,3% guru tidak memperjelas konsep materi melalui praktik langsung, dan hanya mengandalkan video serta presentasi *PowerPoint*. Berdasarkan hasil analisis dari angket penelitian pendahuluan didapatkan permasalahan secara umum seperti kurangnya pemanfaatan bahan ajar yang interaktif sehingga tidak terlaksananya kegiatan praktik dalam pembelajaran pada konsep energi alternatif untuk melatih keterampilan

berpikir kritis dan *sustainability literacy*. Dengan itu, untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* diperlukan model pembelajaran yang tepat.

Salah satu model pembelajaran yang mendukung keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* ini adalah model pembelajaran berbasis proyek. Pembelajaran berbasis proyek melibatkan peserta didik dalam memahami konsep-konsep dasar serta melihat bagaimana konsep-konsep tersebut diterapkan dalam kehidupan nyata (Kristanti dkk., 2016.). Selain itu, model pembelajaran ini juga dianggap dapat meningkatkan kemampuan peserta didik dari segi kognitif, keterampilan berkolaborasi dalam kelompok, motivasi belajar, dan juga kreativitas anak (Ayuningsih *et al.*, 2022). Model pembelajaran berbasis proyek ini menekankan pembelajaran yang berfokus pada peserta didik, di mana guru berperan sebagai motivator dan fasilitator. Maka itu, diperlukannya panduan penerapan alat peraga yang baik agar dapat mendukung proses pembelajaran berbasis proyek seperti LKPD.

Panduan penerapan alat peraga sebagai alat bantu pembelajaran yang sangat berharga dan dapat membantu menjadikan pembelajaran lebih efektif dan menarik seperti LKPD (Haryadi *et al.*, 2019). LKPD berbasis proyek memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran. Melalui LKPD berbasis proyek ini, peserta didik diajak untuk melakukan eksplorasi, penelitian, dan kolaborasi dalam menyelesaikan proyek yang diberikan. Proses ini sangat mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis, karena peserta didik harus mampu mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan dan menganalisis data, serta menyajikan hasil dan rekomendasi berdasarkan bukti yang ada. Penggunaan LKPD berbasis proyek ini dapat membantu peserta didik dalam pembelajaran mandiri serta melatih keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* pada pembelajaran fisika mengenai pemanfaatan pengelolaan limbah daun kering menjadi briket sebagai pengganti bahan bakar fosil.

Pemanfaatan limbah daun kering menjadi briket salah satu solusi alternatif bahan bakar ditengah krisis energi dan penanganan sampah masyarakat. Briket salah satu bahan bakar padat yang diperoleh dari bahan organik limbah industri yang diolah dengan proses karbonisasi dan dicetak dengan tekanan tertentu. Pembuatan briket terdiri dari beberapa tahap utama, yaitu sortasi bahan, pencampuran serbuk dan perekat, pengempaan serta pengeringan (Wandi *et al.*, 2015). Pemanfaatan pengelolaan limbah daun kering ini menjadi peluang pemanfaatan limbah sebagai sumber energi alternatif.

Berdasarkan uraian di atas, dapat diketahui bahwa pengembangan bahan ajar atau LKPD dengan berbagai macam model pembelajaran dan metode penelitian dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* peserta didik. Sebagai solusi dari permasalahan tersebut dilakukan pengembangan produk berupa LKPD berbasis proyek energi alternatif dan menguji efektivitasnya dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* peserta didik. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam dunia pendidikan, khususnya dalam upaya meningkatkan kualitas pembelajaran dan keterampilan peserta didik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah.

1. Bagaimana LKPD berbasis proyek energi terbarukan yang valid secara empiris dan *expert* untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* peserta didik?
2. Bagaimana kepraktisan LKPD berbasis proyek energi terbarukan untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* peserta didik?
3. Bagaimana keefektifan LKPD berbasis proyek energi terbarukan untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* peserta didik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, disusun tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan LKPD berbasis proyek energi terbarukan yang valid untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* peserta didik.
2. Mendeskripsikan kepraktisan LKPD berbasis proyek energi terbarukan untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* peserta didik.
3. Mendeskripsikan keefektifan LKPD berbasis proyek energi terbarukan untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* peserta didik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi Peserta Didik
Memberikan bahan ajar penunjang pembelajaran berupa LKPD berbasis proyek energi alternatif untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* peserta didik.
2. Bagi Guru
Memberikan sebuah solusi pembelajaran yang mudah digunakan bagi guru untuk dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih bermakna dan melatih keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* peserta didik.
3. Bagi Sekolah
Memberikan pengalaman dalam proses belajar mengajar dengan melakukan sebuah pendekatan yang dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik dengan gaya belajar yang berbeda-beda.
4. Bagi Peneliti Lain
Memberikan sebuah informasi terkait pembelajaran yang menggunakan LKPD untuk dapat meneruskan kembali penelitian dengan menggunakan variabel yang berbeda.

5. Bagi Masyarakat

Melalui penelitian ini diharapkan masyarakat dapat memperoleh wawasan mengenai pentingnya pengolahan limbah dan peran dalam mendukung upaya pencapaian tujuan pembangunan yang berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals*.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah desain penelitian pengembangan menurut Thiagarajan (1974) 4D (*Define, Desain, Develop, Disseminate*).
2. LKPD yang dikembangkan dengan aktivitas model PBP yang digunakan menurut Colley (2008), dengan 6 tahap pembelajaran, yaitu tahap orientasi, mengidentifikasi dan menentukan proyek, merencanakan proyek, melaksanakan proyek, mendokumentasikan dan melaporkan proyek, serta mengevaluasi dan menjalankan proyek.
3. LKPD dikembangkan untuk melatih keterampilan berpikir kritis menurut Ennis dan Norris dalam (stiggins, 1997), dengan indikator yang digunakan yaitu Mengidentifikasi masalah nyata dan mengajukan pertanyaan kritis, Mengumpulkan informasi untuk menyelesaikan masalah, Membuat keputusan dengan informasi yang tersedia, Mengumpulkan informasi klarifikasi dan analisis lebih lanjut jika diperlukan, dan Membuat dan mengkomunikasikan keputusan terbaik.
4. LKPD dikembangkan untuk melatih keterampilan *sustainability literacy*, menurut Decamps (2017) dengan aspek indikator yang digunakan yaitu pengetahuan, keterampilan, dan sikap peserta didik.
5. Produk yang dihasilkan dari penelitian ini berupa LKPD pada materi energi alternatif sesuai dengan capaian pembelajaran fase E Kelas X Kurikulum Merdeka.
6. Kevalidan LKPD secara empiris ditentukan hasil uji coba briket dari limbah daun kering dan secara *expert* oleh 3 *expert* yaitu 1 dosen

Program Studi Pendidikan Fisika dan 2 guru SMA melalui pengisian angket uji validitas.

7. Kepraktisan LKPD ditinjau dari uji keterbacaan, respon peserta didik dan uji persepsi guru.
8. Keefektifan LKPD diukur melalui hasil belajar keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* peserta didik.
9. Pada tahap *disseminate* hasil penelitian akan dipublikasikan secara resmi melalui jurnal ilmiah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Belajar

Pengembangan LKPD berbasis proyek secara garis besar didukung oleh teori-teori belajar, seperti teori belajar bermakna Ausubel, dan teori belajar konstruktivisme sosial. Masing-masing teori tersebut dijelaskan sebagai berikut.

2.1.1 Teori Belajar Konstruktivisme Sosial

Teori belajar konstruktivisme sosial menekankan bahwa pembelajaran berupa proses yang dibentuk melalui interaksi sosial dan kolaborasi atau keterlibatan dengan orang lain. Keterlibatan dengan orang lain akan menciptakan kesempatan bagi peserta didik untuk berkolaborasi dalam kelompok untuk saling berbagi gagasan, berdiskusi, berusaha mencari penyebab dan akibat, solusi dari permasalahan, atau hanya menciptakan sesuatu yang inovatif guna memperluas pengetahuan yang sudah dimiliki (Akpan *et al.*, 2020). Pengalaman dalam konteks sosial memberikan mekanisme yang penting untuk perkembangan pemikiran peserta didik. Interaksi sosial atau keterlibatan dengan orang lain mempengaruhi proses pembentukan pengetahuan peserta didik, bukan hanya individu itu sendiri, kemampuan mental peserta didik justru berkembang melalui proses kerja sama dengan orang lain (Vygotsky, 1924).

Vygotsky memperkenalkan konsep *zone of proximal development* (ZPD) sebagai bagian dari teori konstruktivisme sosial. ZPD menggambarkan ruang di mana peserta didik dapat menyelesaikan tugas dengan bantuan orang lain tetapi belum mampu melakukannya sendiri. Melalui konsep ini,

Vygotsky menekankan pentingnya interaksi sosial dan budaya dalam pembelajaran, terutama melalui dukungan dari orang dewasa atau teman sebaya, untuk mendukung perkembangan kognitif peserta didik (Lasmawan dan Budiarta, 2020). Vygotsky percaya bahwa kolaborasi dan bantuan memungkinkan peserta didik mengatasi kesulitan di luar kemampuannya saat ini dan meningkatkan kapasitas belajar (Afiati & Sartika, 2020). Penerapan ZPD dalam pendidikan sering menggunakan *scaffolding*, sebuah strategi memberikan bantuan sementara kepada peserta didik selama proses belajar, sehingga mereka secara bertahap bisa mengambil tanggung jawab atas pembelajaran mereka sendiri.

Pembelajaran dengan pendekatan konstruktivis sosial ini berpusat pada peserta didik dalam keaktifan berfikir dan keterampilan memecahkan masalah sehingga tercipta pembelajaran yang mandiri dan hasil belajar peserta didik dapat meningkat. Pendekatan konstruktivisme memiliki beberapa prinsip diantaranya adalah: (1) pengetahuan dibangun oleh peserta didik secara aktif, (2) tekanan dalam proses belajar terletak pada peserta didik, (3) mengajar adalah membantu peserta didik belajar, (4) tekanan dalam proses belajar lebih pada proses bukan pada hasil akhir, (5) kurikulum menekankan partisipasi peserta didik, dan (6) pendidik adalah fasilitator (Akpan *et al.*, 2020). Dengan demikian, proses melalui aktivitas belajar kelompok yang memungkinkan peserta didik mengalami pengalaman belajar, bekerja sama, dan bimbingan dari guru yang berkualitas membuat pembelajaran bermakna. Menurut Akpan *et al.*, (2020) guru harus menggunakan metode berikut dalam pengajaran mereka: (1) pembelajaran harus dipusatkan pada peserta didik; (2) belajar secara kolaboratif, sehingga peserta didik dapat bekerja sama dan memecahkan masalah dalam kelompok; dan (3) guru harus membantu peserta didik menjadi konstruktivis sosial dalam kegiatan mereka.

Berdasarkan penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa teori konstruktivisme seorang guru yang membentuk peserta didik berpartisipasi secara aktif dalam pembelajaran dengan memberi kesempatan untuk

bekerja sama dan menerapkan ide-ide yang telah diketahui sebelumnya. Selain itu, dalam penelitian LKPD ini, teori konstruktivisme sosial menggunakan beberapa sintaks seperti melakukan percobaan, evaluasi, dan komunikasi. Dimana peserta didik bekerja dalam kelompok untuk melakukan percobaan, melakukan evaluasi, dan berkomunikasi.

2.1.2 Teori Belajar Bermakna Ausubel

Pembelajaran bermakna menjadi suatu proses mengaitkan informasi baru pada konsep-konsep relevan yang terdapat dalam struktur kognitif peserta didik (Bryce dan Blown, 2024). Pembelajaran bermakna terjadi apabila peserta didik dapat menghubungkan fenomena baru ke dalam struktur pengetahuan mereka. Artinya peserta didik dapat memadukan pengetahuan baru yang diperolehnya dengan struktur kognitif yang sudah ada (Harefa, 2013).

Berbagai jenis pembelajaran menurut Ausubel antara lain:

(1) Pembelajaran melalui penemuan yang bermakna adalah ketika siswa menghubungkan pengetahuan yang sudah dimiliki dengan materi baru yang sedang dipelajari. Sebaliknya, peserta didik menemukan pengetahuan baru dari pelajaran yang ia pelajari, lalu mengaitkannya dengan pengetahuan sebelumnya. (2) Pembelajaran melalui penemuan yang tidak bermakna terjadi ketika siswa menemukan sendiri materi pelajaran tanpa menghubungkannya dengan pengetahuan yang sudah dimiliki, kemudian hanya menghafalnya. (3) Pembelajaran dengan penerimaan (ekspositori) yang bermakna adalah ketika materi pelajaran yang sudah tersusun secara logis disampaikan kepada peserta didik hingga tahap akhir, lalu pengetahuan baru tersebut dihubungkan dengan pengetahuan lain yang sudah dimiliki peserta didik (Rahmah, 2018).

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa teori pembelajaran bermakna Ausubel dalam penelitian ini mengaitkan informasi baru yang diperoleh dengan konsep-konsep relevan yang telah

dipelajari sebelumnya, sehingga mampu memperkuat pemahaman konsep yang telah dikuasai.

2.2 Pembelajaran Berbasis Proyek (PBP)

Model pembelajaran berbasis proyek merupakan suatu model pembelajaran yang menyangkut pemusatan pertanyaan dan masalah bermakna, pemecahan masalah, pengambilan keputusan, proses pencarian berbagai sumber, pemberian kesempatan kepada peserta didik untuk bekerja secara kolaborasi, dan menutup dengan presentasi produk nyata. Model pembelajaran berbasis proyek berfokus pada konsep dan prinsip inti sebuah disiplin, memfasilitasi peserta didik untuk berinvestigasi, pemecahan masalah, dan tugas-tugas bermakna lainnya, berpusat pada peserta didik (*students centered*) dan menghasilkan produk nyata (Rati *et al.*, 2017). Sehingga, peserta didik dapat terlibat secara penuh dalam proses pembelajaran.

Pembelajaran berbasis proyek melibatkan peserta didik dalam memahami konsep-konsep dasar serta melihat bagaimana konsep-konsep tersebut diterapkan dalam kehidupan nyata. Pembelajaran berbasis proyek ini berupa peserta didik menggunakan alat praktikum atau menghasilkan produk nyata yang berpusat pada peserta didik, sehingga peserta didik dapat memahami materi tersebut khususnya energi alternatif melalui praktikum pada produk yang telah dihasilkan. Pembelajaran berbasis proyek merupakan metode belajar yang sistematis, yang melibatkan mahasiswa dalam belajar pengetahuan dan keterampilan melalui proses pencarian atau penggalian (inkuiri) yang panjang dan terstruktur terhadap pertanyaan yang otentik dan kompleks serta tugas dan produk yang dirancang dengan sangat hati-hati (Widiyatmoko dan Pamelasari, 2012). Pembelajaran berbasis proyek dapat meningkatkan keterampilan berfikir kritis dan kreatif, serta pemecahan masalah (Bell, 2010).

Pembelajaran berbasis proyek menurut Colley (2008) terdiri dari enam tahapan, yaitu: orientasi, identifikasi dan penentuan proyek, perencanaan

proyek, pelaksanaan proyek, dokumentasi dan pelaporan proyek, serta evaluasi dan pelaksanaan proyek. Mayoritas proyek dilakukan oleh peserta didik di luar kelas, dengan diberikan LKPD sebagai panduan. Selama proses pembelajaran, peserta didik secara rutin berkonsultasi dengan guru terkait rencana, kemajuan, dan kendala proyek. Guru berperan sebagai fasilitator, penasihat, pembimbing, dan pengawas bagi peserta didik. Tahap-tahap PBP menjadikan proses dan hasil belajar lebih bermakna, *integrated*, berbasis nilai, penuh tantangan, dan melibatkan peserta didik belajar secara aktif dan partisipatif (Sudewi *et al.*, 2013).

1. Orientasi

Kegiatan orientasi dilakukan di kelas pada minggu pertama, di mana peserta didik mendapatkan penjelasan tentang tujuan proyek, pentingnya kerja tim, berbagi informasi, keselamatan, serta peran dan tanggung jawab masing-masing. Mereka juga mendiskusikan cara berkomunikasi dan bagaimana pembelajaran akan dinilai.

2. Mengidentifikasi dan Menentukan Proyek

Pada tahap ini, peserta didik membaca teks berisi permasalahan dan menjawab tantangan berupa pertanyaan, "Apa yang akan dilakukan untuk menyelesaikan masalah ini?". Dari situ, mereka mulai mengidentifikasi masalah yang ada dalam bacaan tersebut.

3. Merencanakan Proyek

Tahapan ini dilakukan di luar kelas. Dengan bantuan LKPD, peserta didik mengumpulkan informasi dari berbagai sumber seperti buku dan internet. Mereka lalu merumuskan masalah, tujuan, pentingnya proyek, daftar alat dan bahan, serta prosedur kerja. Setelah berdiskusi dan mendapat masukan dari guru, peserta didik memperbaiki rencana dan menggambar desain proyek beserta fungsi setiap bagiannya. Semua dokumen ini dijadikan bukti hasil belajar oleh guru.

4. Melaksanakan Proyek

Pelaksanaan proyek berlangsung di luar kelas. Peserta didik menyiapkan alat dan bahan sesuai rencana, lalu melaksanakan proyek dan menghasilkan produk sesuai dengan desain yang telah dibuat.

5. Mendokumentasikan dan Melaporkan Proyek

Tahap ini terdiri dari dua bagian, yaitu penyusunan laporan proyek oleh peserta didik dan penyampaian hasil proyek melalui presentasi di kelas.

6. Evaluasi dan Tindak Lanjut Proyek

Tahapan evaluasi dan tindak lanjut tidak dilakukan secara langsung dalam proses pembelajaran, tetapi tetap menjadi bagian penting dari PBP. Pada tahap ini, peserta didik diajak untuk mengenalkan hasil proyek mereka kepada masyarakat di dalam maupun di luar lingkungan sekolah. Seluruh tahapan PBP mencerminkan prinsip konstruktivisme sosial, yang menjadikan pembelajaran lebih bermakna, terpadu dengan nilai, menantang, dan mendorong peserta didik untuk terlibat secara aktif dan kolaboratif (Colley, 2008).

2.3 Lembar Kerja Peserta Didik

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) adalah suatu perangkat pembelajaran berupa lembar kerja yang digunakan oleh peserta didik untuk membantu proses pembelajaran. LKPD merupakan salah satu bahan ajar yang dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam proses belajar mengajar, memfasilitasi peserta didik untuk kegiatan eksperimen di tiap materinya, membantu peserta didik dalam memperoleh informasi, dan memberi kesempatan peserta didik untuk bereksplorasi (Lase dan Zai, 2022). Partisipasi aktif peserta didik dalam kegiatan pembelajaran dapat didukung dengan menggunakan LKPD, yang terdiri dari lembaran berisi tugas-tugas inti untuk peserta didik, dilengkapi dengan prosedur pengerjaan serta penyelesaian tugas yang berbentuk permasalahan yang telah ditetapkan (Lestari *et al.*, 2022). Tugas-tugas yang terdapat dalam LKPD harus dirancang dengan jelas dan selaras dengan materi yang diajarkan, sehingga kompetensi dasar dan tujuan pembelajaran yang diinginkan dapat tercapai secara optimal sesuai harapan.

Menurut Prastowo (2015), LKPD memiliki empat fungsi utama, yaitu: (1) berfungsi sebagai bahan ajar yang mengurangi peran pendidik, namun lebih mendorong keaktifan peserta didik, (2) membantu peserta didik lebih mudah

memahami materi pembelajaran, (3) menyajikan materi yang ringkas serta kaya dengan latihan, dan (4) mempermudah proses pengajaran bagi peserta didik. Adapun langkah-langkah penyusunan LKPD yaitu:

a. Melakukan analisis kurikulum

Analisis kurikulum adalah langkah awal dalam pembuatan LKPD.

Tujuannya adalah untuk menentukan materi-materi yang memerlukan bahan ajar berupa LKPD. Proses ini dapat dilakukan dengan mengidentifikasi materi pokok, pengalaman belajar, dan materi yang diajarkan, lalu memperhatikan kompetensi yang harus dikuasai oleh peserta didik.

b. Menyusun peta kebutuhan LKPD

Peta kebutuhan LKPD perlu disusun agar LKPD yang dihasilkan selaras dengan kurikulum dan mencakup kompetensi yang harus dikuasai serta diajarkan. Tahap awal dalam menyusun peta kebutuhan LKPD adalah menganalisis kurikulum dan sumber belajar, termasuk analisis terhadap SK, KD, dan indikator materi singkat, sehingga jumlah LKPD yang diperlukan dapat diketahui.

c. Menentukan judul LKPD

Judul LKPD disusun berdasarkan Kompetensi Dasar (KD), materi pokok, atau pengalaman belajar yang tercantum dalam kurikulum. Jika satu KD memiliki cakupan yang tidak terlalu luas, maka KD tersebut dapat digunakan sebagai judul LKPD. Namun, jika KD mencakup kompetensi yang luas, maka dapat dipecah menjadi beberapa materi pokok, dengan maksimal empat materi pokok.

d. Penulisan LKPD

Penulisan LKPD harus memperhatikan kesesuaian dengan kompetensi dasar, materi pokok, serta pengalaman belajar yang tertuang dalam kurikulum. Setiap bagian dari LKPD harus disusun secara sistematis, dimulai dengan tujuan pembelajaran yang jelas, dilanjutkan dengan langkah-langkah kegiatan yang memfasilitasi siswa dalam memahami materi secara mendalam. Selain itu, LKPD perlu disertai evaluasi yang

mengukur ketercapaian kompetensi dan mendukung pembelajaran yang aktif serta interaktif.

Salah satu upaya guru untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembelajaran adalah dengan memilih model pembelajaran yang sesuai, dan mengembangkan sebuah bahan ajar. Salah satu perangkat pembelajaran yang dapat digunakan yaitu LKPD (Jowita, v., 2017). LKPD merupakan salah satu sarana untuk membantu dan mempermudah dalam kegiatan belajar mengajar sehingga akan terbentuk interaksi yang efektif antara peserta didik dengan pendidik, sehingga dapat meningkatkan aktifitas peserta didik dalam peningkatan prestasi belajar. (Lase dan Zai, 2022).

Pembelajaran dengan menggunakan LKPD akan mengurangi peran guru dan lebih mengaktifkan peserta didik, karena dalam pembelajaran ini peserta didik akan mendapatkan materi, ringkasan, serta tugas yang berhubungan dengan materi melalui LKPD. (Wulansari, 2017). LKPD yang dirancang dengan baik dapat membantu peserta didik mengaitkan teori dengan praktik, mendorong peserta didik untuk berpikir secara analitis, kritis, dan sintetis, serta memahami dan menerapkan konsep energi alternatif dengan lebih baik dalam kehidupan sehari-hari. Menurut Asyhari dkk. (2016) menyebutkan bahwa salah satu karakteristik LKPD adalah adanya keterkaitan antara tema ajar dengan kehidupan sehari-hari peserta didik. Pandangan ini menegaskan bahwa karakteristik LKPD harus berhubungan dengan tema pembelajaran yang relevan dengan kehidupan sehari-hari siswa, serta tetap berpedoman pada kompetensi yang ingin dicapai.

Berdasarkan pendapat tersebut, LKPD perlu memenuhi lima karakteristik, yaitu disusun sesuai dengan kurikulum yang berlaku, berfokus pada tujuan yang telah ditetapkan dan dicapai, menekankan pembelajaran yang diharapkan, disajikan dengan memperhatikan karakteristik kognitif peserta didik, serta harus mampu mendorong kreativitas dan pemikiran kritis peserta didik.

2.4 Limbah Daun Kering

Jenis limbah organik yang dihasilkan dari sisa-sisa dedaunan yang gugur, baik di lingkungan rumah, taman, perkebunan, maupun area hutan.

Banyaknya macam limbah dedaunan kering salah satunya pada limbah daun ketapang. Umumnya, daun ketapang- berwarna hijau, namun saat musim kemarau atau gugur, warnanya berubah menjadi kuning kecoklatan atau merah kecoklatan. Warna hijau pada daun disebabkan oleh adanya klorofil. Beberapa jenis senyawa pewarna alami yang terdapat pada tumbuhan antara lain klorofil (hijau) pada daun, karoten (kuning-oranye) pada umbi dan daun, likopen (merah) pada bunga dan buah, flavon (kuning) pada bunga, akar, dan kayu, serta antosianin (kuning kemerahan hingga merah lembayung) pada buah dan daun. Daun ketapang yang jatuh merupakan sampah organik yang kaya karbon karena mengandung senyawa seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin.

Kandungan kimia dalam daun ketapang terdiri dari 16,60% selulosa, 24,70% hemiselulosa, dan 43,46% lignin. Masing-masing kandungan kimia yang terdapat dalam daun ketapang memiliki hubungan dengan pembuatan briket yaitu pada kandungan kimia 16,60% selulosa dan 24,70% hemiselulosa merupakan karbohidrat kompleks yang menjadi sumber utama energi dalam briket. Pada Bahan Bakar Utama, Selulosa dan hemiselulosa adalah komponen yang akan terbakar dan melepaskan energi panas saat briket digunakan. Total kandungan keduanya (41,30%) menunjukkan bahwa daun ketapang memiliki potensi menghasilkan panas yang cukup baik. Lalu, pada Struktur Briket, Serat-serat selulosa memberikan struktur pada briket, yang kemudian diikat oleh lignin. Sementara lignin adalah komponen terpenting dalam proses pembuatan briket. Tingginya kandungan lignin pada daun ketapang (43,46%) menjadikannya bahan yang sangat baik untuk briket. Lignin berfungsi sebagai perekat alami yang mengikat partikel-partikel biomassa menjadi satu. Ketika dipadatkan di bawah tekanan dan suhu tinggi selama proses pembuatan briket, lignin akan melunak dan mengikat serat selulosa dan hemiselulosa, menghasilkan briket yang padat dan tidak mudah

hancur. Lignin juga memiliki nilai kalor (energi panas) yang tinggi, sehingga turut berkontribusi pada panas yang dihasilkan saat briket dibakar. Kombinasi ketiganya menjadikan daun ketapang sebagai bahan baku yang potensial untuk produksi briket sebagai menangani permasalahan sumber energi alternatif yang ada.

Permasalahan peningkatan limbah daun ketapang kering di lingkungan menjadi perhatian serius, terutama di lingkungan sekolah SMAN 1 Natar. Daun ketapang umumnya berguguran selama musim kemarau, jika tidak dikelola dengan baik dapat menumpuk dan mengakibatkan masalah pada lingkungan sekitar. Meskipun daun ketapang termasuk sampah organik yang dapat terurai secara alami, volume yang besar dan proses dekomposisi yang lambat karena kandungan lignin yang tinggi membuatnya tidak segera hancur, hal ini bisa memperlambat siklus pengelolaan sampah terutama di daerah yang minim fasilitas pengolahan sampah organik. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang kreatif dan berkelanjutan dalam mengelola limbah daun ketapang, seperti pemanfaatan energi alternatif berupa briket.

Dalam kegiatan ini, memiliki beberapa tahapan pembuatan briket seperti, karbonasi sampah daun dengan metode pirolisis, persiapan bahan baku, pembuatan perekat (binder), pencampuran antara arang dan perekat, dan terakhir yaitu pencetakan. Proses pembuatan briket melibatkan pencampuran bahan baku, pencetakan, dan pengeringan dalam kondisi tertentu, sehingga menghasilkan briket dengan bentuk, ukuran fisik, dan sifat kimia yang spesifik. Tujuan utama dari pembuatan briket adalah untuk meningkatkan kualitas bahan bakar, mempermudah penanganan dan pengangkutan, serta mengurangi kehilangan bahan yang berupa debu selama proses transportasi. (Hidayah *et al.*, 2014).

2.5 Alternatif Fuel

Bahan bakar alternatif telah menjadi fokus utama dalam upaya mengurangi ketergantungan pada sumber daya alam yang terbatas dan menghadapi

tantangan perubahan iklim. Berbagai jenis bahan bakar alternatif telah dikembangkan dan dipertimbangkan untuk digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk industri pelayaran dan pembangkit tenaga. Contoh bahan bakar alternatif yang populer antara lain *biofuel* (dari bahan organik seperti tanaman jarak pagar atau limbah pertanian), hidrogen, dan energi nuklir. *Biofuel* dapat dihasilkan dari limbah pertanian dan industri, sedangkan hidrogen dapat diperoleh dari air melalui proses elektrolisis. Di industri pelayaran, LNG (*Liquefied Natural Gas*), LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), dan methanol telah dipertimbangkan sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dan dapat mengurangi emisi gas rumah kaca (Thepsithar, 2020).

Penggunaan bahan bakar alternatif juga memiliki potensi besar dalam meningkatkan keamanan dan mengurangi polusi lingkungan, terutama dalam konteks penggunaan di industri semen dan pelayaran (AS, 2017). Salah satu bahan bakar alternatif yang dapat digunakan yaitu pemanfaatan briket dari bahan limbah organik. Briket sering dimanfaatkan dalam aplikasi industri, dengan keunggulan utama bahan bakar padat dibandingkan biomassa tradisional yaitu memiliki kadar air yang lebih rendah (hingga 40%). Hal ini meningkatkan efisiensi pembakaran secara keseluruhan sebesar 40-68%, tergantung pada jenis daun yang digunakan (Stančin *et al.*, 2020).

Pembuatan briket terdiri dari beberapa tahap utama, yaitu: sortasi bahan, pencampuran serbuk dan perekat, pengempaan serta pengeringan (Wandi *et al.*, 2015). Pencampuran serbuk dengan perekat menggunakan tepung beras karena dapat menghasilkan briket yang tidak berasap dan memiliki daya tahan lebih lama, meskipun nilai kalor yang dihasilkan tidak setinggi arang kayu (Hartoyo dan Roliandi 1978). Pada pengolahannya setiap 1 kg serbuk bahan dicampur dengan perekat yang terdiri dari 30 gram tepung tapioka (3% dari berat serbuk) dan 1 liter air. Pengempaan dilakukan untuk memastikan adanya kontak antara permukaan bahan dan perekat (Achmad 1991). Hartoyo dan Roliandi (1978) menyatakan bahwa umumnya, semakin besar tekanan yang diberikan, maka hasil briket arang cenderung memiliki kerapatan dan ketahanan tekan yang lebih tinggi. Suhu dan durasi pengeringan dalam proses

pembuatan briket bergantung pada kadar air campuran dan jenis alat pengering yang digunakan. Suhu pengeringan yang biasa diterapkan adalah 60 °C selama 24 jam. Tujuan dari pengeringan adalah untuk mengurangi kadar air dalam briket agar memenuhi standar kadar air yang ditetapkan dengan cara penjemuran.

Pada penggunaan bahan bakar alternatif dalam pemanfaatan daun kering menjadi briket menjadi strategis dalam meningkatkan efisiensi energi, mengurangi emisi, dan memastikan keberlanjutan sumber daya alam mendukung keberlanjutan lingkungan.

2.6 Keterampilan Berpikir Kritis

Berpikir kritis menekankan pada pemikiran yang rasional dan reflektif dalam proses pengambilan keputusan mengenai apa yang harus diyakini dan dilakukan. Berpikir kritis melibatkan pengujian, mempertanyakan, menghubungkan, dan mengevaluasi berbagai aspek dalam sebuah situasi atau masalah (Sari *et al.*, 2022). Kemampuan berpikir kritis sangat penting dalam menghadapi tantangan kehidupan. Berpikir kritis juga memiliki dimensi dialogis, di mana seorang terlibat dalam dialog eksploratif yang bermanfaat, mengajukan gagasan, menyelidiki penyebab, mempertimbangkan wawasan dan bukti dari materi, serta menguji dan menganalisis ide dari berbagai perspektif (Dewi, 2023).

Kemampuan berpikir kritis adalah keterampilan penting yang diperlukan individu untuk menghadapi berbagai tantangan, baik dalam kehidupan bermasyarakat maupun pribadi. Dalam upaya mengatasi masalah pembelajaran tersebut, diperlukan perbaikan strategi pembelajaran, termasuk penerapan model pembelajaran yang diharapkan dapat memudahkan peserta didik dalam berpikir kritis dan mengasah kemampuan pemecahan masalah, sehingga hasil yang dicapai lebih optimal. Kemampuan berpikir kritis mencakup kemampuan untuk melakukan klarifikasi mendasar, dasar dalam mengambil keputusan, membuat kesimpulan, memberikan penjelasan lebih

rinci, melakukan perkiraan, mengintegrasikan informasi, serta kemampuan lainnya (Sari *et al.*, 2022).

Pembelajaran yang berfokus pada guru adalah pendekatan yang kurang mendukung pengembangan kemampuan berpikir peserta didik. Mengatasi tantangan ini serta membantu peserta didik mengembangkan keterampilan berpikir, model pembelajaran berbasis proyek yang baik digunakan (Rehani dan Mustofa, 2023). Pembelajaran ini mengharuskan peserta didik untuk membuat proyek yang berkaitan dengan mata pelajaran, yang biasanya berupa petunjuk umum yang diberikan oleh guru. Sehingga dapat mengembangkan dan memperkuat kemampuan berpikir kritis peserta didik,, serta meningkatkan keterampilan mereka dalam menyelesaikan masalah.

Menurut Ennis dan Norris dalam (stiggins, 1997), berpikir kritis adalah berpikir yang masuk akal (reasonable) dan reflektif (reflective) yang difokuskan pada pengambilan keputusan tentang apa yang harus diyakini atau dilakukan. Sementara itu, Yildirim (2011) menjelaskan bahwa berpikir kritis adalah proses pencarian, evaluasi, pengumpulan, dan analisis informasi serta masalah, yang bertujuan untuk mengembangkan pemikiran seseorang secara sadar dan menggunakan kemampuan tersebut untuk menambahkan kreativitas ke dalam tindakan.

Menurut definisi tersebut, keterampilan berpikir kritis merupakan proses berpikir reflektif yang didasarkan pada informasi yang tersedia dengan menganalisis permasalahan dan menggunakan penalaran untuk menentukan apa yang perlu diyakini dan dilakukan. Indikator keterampilan berpikir kritis yang digunakan dalam penelitian ini merujuk pada pendapat menurut Ennis dan Norris dalam (stiggins, 1997), yang indikatornya tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

Indikator	Keterangan Indikator
Mengidentifikasi masalah nyata dan mengajukan pertanyaan kritis (BP 1)	Kemampuan peserta didik mengenali isu atau permasalahan yang relevan dalam konteks nyata serta mengajukan pertanyaan yang menantang untuk menggali lebih dalam.

Indikator	Keterangan Indikator
Mengumpulkan informasi untuk menyelesaikan masalah (BP 2)	Keterampilan mencari, memilih, dan mengorganisasi data atau informasi yang dibutuhkan untuk merumuskan solusi terhadap suatu masalah.
Membuat keputusan dengan informasi yang tersedia (BP 3)	Kemampuan mengambil keputusan secara logis dan rasional berdasarkan bukti atau data yang telah dikumpulkan, meskipun informasi tersebut terbatas.
Mengumpulkan informasi klarifikasi dan analisis lebih lanjut jika diperlukan (BP 4)	Kesiapan untuk menggali informasi tambahan dan melakukan analisis mendalam jika data yang ada belum cukup menjawab permasalahan secara tuntas.
Membuat dan mengkomunikasikan keputusan terbaik (BP 5)	Kemampuan menyusun kesimpulan atau solusi yang paling tepat, serta menyampaikannya secara jelas dan efektif kepada pihak lain.

(Ennis dan Norris, 1997)

Mengembangkan keterampilan berpikir kritis dapat membantu peserta didik terbiasa menyusun pola pikir dan kemampuan selama proses pembelajaran, sehingga mereka mampu menyelesaikan berbagai permasalahan. Dengan demikian, mereka tidak hanya meningkatkan pemahaman mereka terhadap materi pelajaran, tetapi juga menjadi lebih siap untuk menghadapi dan menyelesaikan berbagai permasalahan yang mungkin mereka hadapi di luar lingkungan akademis.

2.7 Keterampilan *Sustainability Literacy*

Sustainability literacy dapat diartikan sebagai pemahaman, keterampilan, dan pola pikir yang mendorong individu untuk berkomitmen dalam menciptakan masa depan yang berkelanjutan serta memungkinkan mereka membuat keputusan yang tepat dan efektif guna mencapai tujuan tersebut. Beberapa aspek dari *sustainability literacy* meliputi pemahaman akan prinsip-prinsip keberlanjutan, keterampilan dalam pengambilan keputusan yang mempertimbangkan dampak jangka panjang, serta pengembangan sikap dan nilai-nilai yang mendukung tanggung jawab sosial dan lingkungan (Decamps, 2017). Untuk membentuk individu dengan *sustainability literacy* yang baik, diperlukan keterampilan dan kompetensi yang mendukung pembentukan masa depan yang berkelanjutan. Kesadaran terhadap perubahan lingkungan memerlukan kemampuan untuk memahami masalah dalam konteks ekosistem

yang luas, yang mencakup sistem manusia, politik, ekonomi, ekologi, budaya, dan sosial (Ansari dan Stibbe, 2009).

Sustainability literacy memberikan manfaat penting dalam menciptakan masa depan yang lebih berkelanjutan. *Sustainability literacy* memungkinkan individu untuk memahami dampak lingkungan dari aktivitas manusia serta melakukan tindakan berkelanjutan untuk mengurangi dampak tersebut. Peserta didik dapat memberikan kontribusi terhadap pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan. Untuk mengevaluasi sejauh mana kontribusi seseorang terhadap tujuan ini, berbagai metode penilaian seperti kuesioner, wawancara, dan pengamatan dapat digunakan. Adapun indikator dan sub indikator *sustainability literacy* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Indikator dan Sub Indikator Keterampilan *Sustainability Literacy*

Aspek Indikator <i>Sustainability Literacy</i> (SL)	Indikator <i>Sustainability Literacy</i>
(1)	(2)
Pengetahuan	Mampu menjelaskan konsep dasar sumber energi baik terbarukan dan tak terbarukan (P1)
	Mampu mengklasifikasi penyebab menipisnya sumber energi tak terbarukan (P2)
	Mampu menentukan tindakan yang dapat dilakukan untuk mengurangi/memberikan alternatif dalam mencegah kehabisan sumber energi (P3)
	Mampu menganalisis dampak sumber energi tak terbarukan yang menipis (P4)
Keterampilan	Mampu menganalisis permasalahan yang berkaitan dengan menipisnya sumber energi untuk menentukan solusi yang tepat (K1)
	Mampu menyelidiki permasalahan terkait menipisnya sumber energi tak terbarukan untuk menentukan solusi praktis (K2)
	Mampu merancang proyek yang mendukung keberlanjutan terkait menipisnya sumber energi tak terbarukan (K3)

Sikap	Mampu menerapkan praktik keberlanjutan dalam mengatasi permasalahan menipisnya sumber energi tak terbarukan (S1)
	Mampu menunjukkan kepedulian dan tanggung jawab terhadap lingkungan sekitar (S2)
	Mampu menentukan sikap yang tepat dalam menghadapi isu-isu keberlanjutan terkait menipisnya sumber energi tak terbarukan (S3)

(Decamps *et al.*, 2017)

2.8 Penelitian Relevan

Penelitian yang memiliki relevansi dengan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penelitian Relevan

Nama Peneliti	Nama Jurnal	Judul Artikel	Hasil Penelitian
(Khalifah <i>et al.</i> , 2021)	Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains	Pengembangan LKPD Berbasis Project Based Learning untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis pada Materi Induksi Elektromagnetik.	Penelitian ini menghasilkan LKPD berbasis <i>project based learning</i> untuk melatih keterampilan berpikir kritis dengan menggunakan model R&D (<i>Research and Development</i>). LKPD yang dikembangkan layak dan mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.
(Anggraini <i>et al.</i> , 2022)	Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan (JPFK)	<i>Development of Learning Program Based on Multiple Representations Integrated with PjBL George Lucas and STEM to Foster Students' Sustainability Literacy</i>	Penelitian ini mengungkapkan bahwa program pembelajaran yang menggabungkan multi-representasi dan <i>Project-Based Learning</i> (PjBL) George Lucas dengan pendidikan STEM efektif dalam meningkatkan <i>sustainability literacy</i> peserta didik.
(Ganing <i>et al.</i> , 2021)	<i>Journal of Chemical Process Engineering</i>	Pemanfaatan Daun Ketapang Kering dan Kulit Kakao menjadi Briket sebagai Bahan Bakar Alternatif	Penelitian ini menghasilkan kualitas briket yang terbuat dari campuran daun ketapang kering dan kulit kakao.
(Rohmawati, 2018)	Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi	Kelayakan LKPD berbasis proyek pada materi struktur dan fungsi jaringan tumbuhan untuk melatih	Penelitian ini mengembangkan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis proyek untuk materi struktur dan fungsi jaringan tumbuhan guna

Nama Peneliti	Nama Jurnal	Judul Artikel	Hasil Penelitian
		keterampilan berpikir kritis	meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.
(Ayu <i>et al.</i> , 2023)	<i>Edufortech</i>	Penerapan <i>Project-Based Learning</i> pada Topik Pengelolaan Sampah untuk Meningkatkan <i>Sustainability Literacy</i> Siswa Terhadap Gempa Bumi	Penelitian ini menghasilkan LKPD berbasis proyek dengan tema pengelolaan sampah yang mampu meningkatkan kesadaran siswa terhadap isu keberlanjutan lingkungan serta mengembangkan kompetensi mereka dalam memahami interaksi antara manusia dan alam. Ini sejalan dengan tujuan utama literasi keberlanjutan, yaitu mempersiapkan siswa menghadapi tantangan keberlanjutan di masa depan.

Penelitian yang relevan di atas mendorong peneliti untuk mengembangkan sebuah LKPD yang memiliki kriteria sebagai berikut: 1) LKPD yang dikembangkan berbasis aktivitas model pembelajaran berbasis proyek yang diadaptasi dari Colley (2008). 2) LKPD dikembangkan dengan tujuan meningkatkan keterampilan berpikir kritis yang indikatornya diadaptasi dari Ennis (1985). 3) Pemanfaatan limbah daun kering menjadi bahan bakar briket. 4) LKPD berbasis proyek dikembangkan dengan tujuan meningkatkan *sustainability literacy*. Berdasarkan penjelasan tersebut peneliti mengembangkan sebuah LKPD dengan judul “Pengembangan LKPD Berbasis Proyek pada Pengolahan Limbah Daun Kering Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis dan *Sustainability Literacy*”.

2.9 Kerangka Pemikiran

Bahan ajar merupakan salah satu sumber yang dapat membantu guru dalam proses belajar mengajar di kelas, salah satunya adalah LKPD. LKPD yang dikembangkan akan menggunakan model pembelajaran berbasis proyek pada materi energi alternatif. Tahapan-tahapan pada LKPD berbasis aktivitas model pembelajaran berbasis proyek terdiri dari enam tahap yaitu Orientasi, Identifikasi dan Menentukan Proyek, Merencanakan proyek, Melaksanakan proyek, Mendokumentasikan dan melaporkan proyek, dan Mengevaluasi dan

Menjalankan proyek. Melalui tahapan-tahapan ini, diharapkan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* peserta didik.

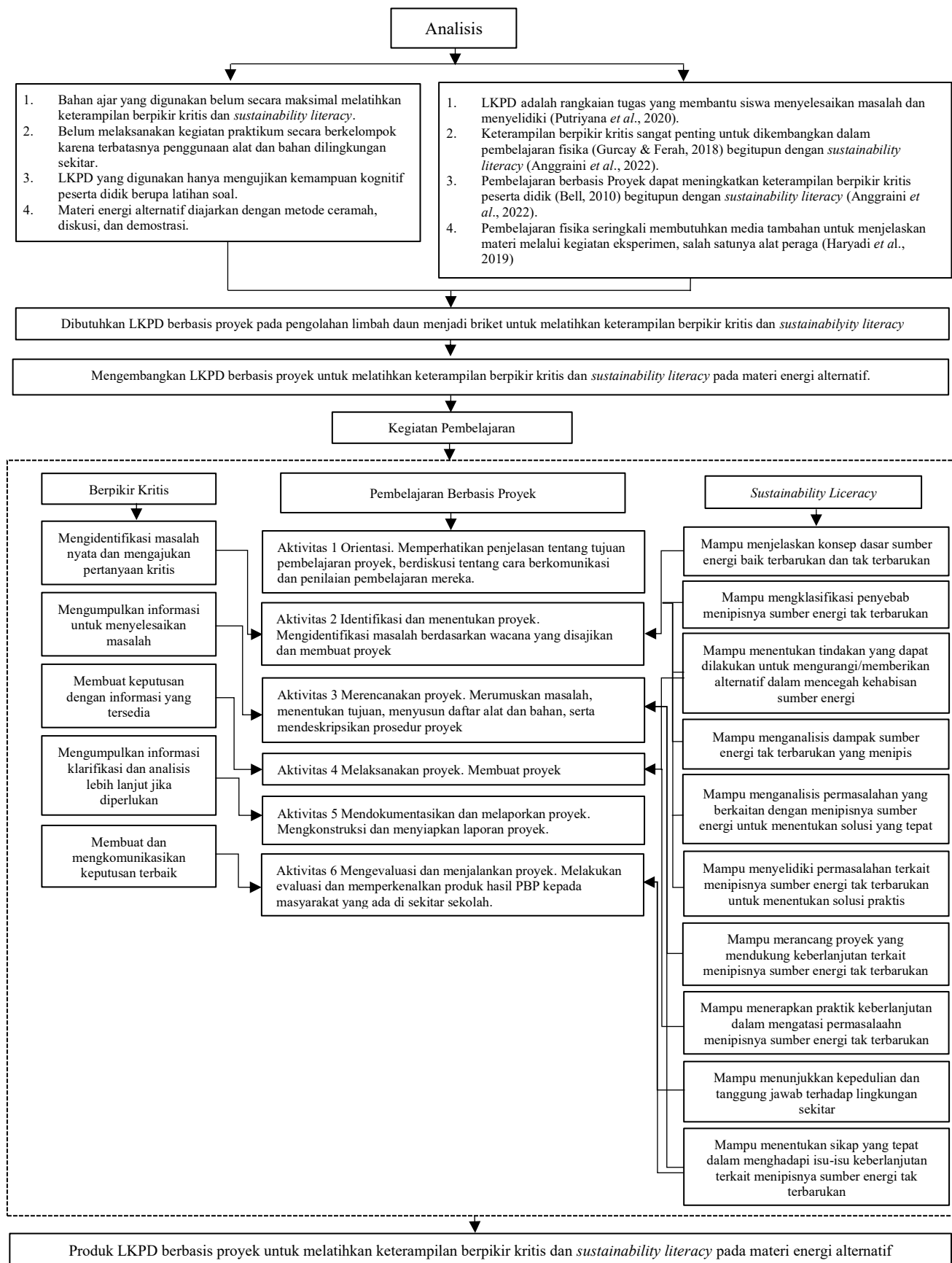
Tahap pertama yaitu tahap orientasi, tahap ini, peserta didik menyimak penjelasan yang berkaitan dengan tujuan pembelajaran proyek, pentingnya kolaborasi tim, pentingnya berbagi informasi, masalah-masalah keamanan, serta kewajiban dan peran yang diharapkan. Peserta didik juga berdiskusi tentang bagaimana mereka seharusnya berkomunikasi satu sama lain dan bagaimana pembelajaran mereka akan dinilai. Kegiatan kedua, yaitu tahap mengidentifikasi dan menentukan proyek, dapat melatih keterampilan berpikir kritis pada indikator mengidentifikasi masalah nyata dan mengajukan pertanyaan kritis dan keterampilan *sustainability literacy* pada aspek pengetahuan dalam indikator menjelaskan konsep dasar sumber energi baik terbarukan dan tak terbarukan, mengklasifikasi penyebab menipisnya sumber energi tak terbarukan, menganalisis dampak dari sumber energi tak terbarukan yang menipis, menentukan tindakan yang dapat dilakukan untuk mengurangi/memberikan alternatif dalam mencegah kehabisan sumber energi, lalu pada aspek keterampilan dalam indikator menyelidiki permasalahan terkait menipisnya sumber energi tak terbarukan untuk menentukan solusi praktis, dan menganalisis permasalahan yang berkaitan dengan menipisnya sumber energi untuk menentukan solusi yang tepat.

Pada kegiatan ketiga, yaitu tahap perencanaan proyek, peserta didik menggali informasi terkait permasalahan, menyampaikan temuannya kepada guru, dan membahasnya bersama. Mereka juga menyusun rumusan masalah, menetapkan tujuan, mencatat kebutuhan alat dan bahan, serta menjelaskan langkah-langkah pelaksanaan proyek. Pada tahap ini, keterampilan berpikir kritis dalam indikator mengumpulkan informasi untuk menyelesaikan masalah, dan pada keterampilan *sustainability literacy* dalam aspek keterampilan yaitu dalam indikator merancang proyek yang mendukung keberlanjutan terkait menipisnya sumber energi tak terbarukan, dan pada aspek sikap dengan indikator menentukan sikap yang tepat dalam

menghadapi isu-isu keberlanjutan terkait menipisnya sumber energi tak terbarukan dapat dilatihkan.

Kegiatan keempat pada melaksanakan proyek, peserta didik melakukan pembuatan proyek yang melatih keterampilan berpikir kritis dalam indikator membuat keputusan dengan informasi yang tersedia, dan keterampilan *sustainability literacy* pada aspek pengetahuan dalam indikator, menentukan tindakan yang dapat dilakukan untuk mengurangi/memberikan alternatif dalam mencegah kehabisan sumber energi dan pada aspek sikap dalam indikator menerapkan praktik keberlanjutan dalam mengatasi permasalahan menipisnya sumber energi tak terbarukan. Kegiatan berikutnya yaitu mendokumentasikan dan melaporkan proyek, peserta didik menyusun laporan proyek dan mempresentasikan hasil proyek secara berkelompok, sehingga tahap ini dapat melatih keterampilan berpikir kritis dalam indikator mengumpulkan informasi klarifikasi dan analisis lebih lanjut jika diperlukan. Pada tahap terakhir yaitu mengevaluasi dan menjalankan proyek, peserta didik memperkenalkan hasil proyek kepada warga di lingkungan sekolah, yang dapat melatih keterampilan berpikir kritis dalam indikator membuat dan mengkomunikasikan keputusan terbaik, dan pada keterampilan *sustainability literacy* dalam aspek sikap dalam indikator menunjukkan kepedulian dan tanggung jawab terhadap lingkungan sekitar.

Oleh karena itu, setiap tahap dalam LKPD yang dirancang melalui aktivitas model pembelajaran berbasis proyek diperkirakan mampu mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* peserta didik, sekaligus mempermudah mereka dalam memahami materi, terutama tentang energi alternatif. Secara ringkas, alur pemikiran dijabarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Desain Penelitian Pengembangan

Penelitian ini merupakan pengembangan lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis proyek dengan fokus pada pengolahan limbah daun kering untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy*. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan LKPD berbasis proyek serta menguji keefektifannya. Desain penelitian yang akan diadaptasi dari Thiagarajan (1974) menggunakan model 4D (*Define, Design, Development, and Dissemination*).

3.2. Prosedur Pengembangan

Berikut adalah langkah-langkah pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan yaitu:

3.2.1 Tahap *Define*

Pada tahap *define*, terdapat empat langkah utama yang meliputi analisis awal, analisis konsep, analisis tugas, dan perumusan capaian pembelajaran (Thiagarajan *et al.*, 1974). Tujuan dari tahap ini adalah untuk menentukan dan mendefinisikan syarat-syarat dalam mengembangkan media pembelajaran berbasis proyek pada materi energi alternatif.

a. Analisis *Front-End*

Analisis front-end dilakukan untuk mengenali tantangan utama dalam penyusunan LKPD, sekaligus mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis dan literasi keberlanjutan peserta didik.

Pada tahap ini, peneliti mengidentifikasi kebutuhan pengembangan LKPD dengan melibatkan enam guru fisika dari SMA di Provinsi Lampung sebagai bagian dari tahapan awal untuk memperbaiki proses pembelajaran. Dari hasil analisis ini, peneliti mendapatkan pemahaman mengenai situasi aktual, keinginan para pihak, serta kemungkinan solusi yang dapat diterapkan. Temuan tersebut menjadi acuan dalam merancang dan memilih media pembelajaran yang tepat.

b. Analisis Konsep

Analisis konsep ditujukan guna mengidentifikasi, menguraikan, serta menyusun konsep-konsep penting secara sistematis. Proses ini menjadi landasan dalam merumuskan tujuan pembelajaran yang jelas. Analisis tersebut dilakukan berdasarkan capaian dan target pembelajaran yang berhubungan dengan topik energi alternatif.

c. Analisis Tugas

Analisis tugas dilakukan untuk meninjau jenis-jenis tugas yang selama ini dikerjakan oleh peserta didik. Dari hasil analisis kebutuhan pengembangan LKPD, diketahui bahwa tugas-tugas tersebut belum mampu mengasah keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy* peserta didik. Oleh karena itu, peneliti merasa penting untuk mengembangkan LKPD berbasis proyek yang memuat masalah nyata di lingkungan sekitar, yaitu tentang limbah organik.

3.2.2 Tahap *Design* (Perancangan)

Pada tahap perancangan desain, dilakukan proses perencanaan dan desain media dengan menentukan berbagai kebutuhan yang diperlukan selama pengembangan (Thiagarajan *et al.*, 1974). Tahap perancangan bertujuan untuk menghasilkan desain awal produk media pembelajaran berupa LKPD berbasis proyek yang akan dikembangkan. Kegiatan yang dilakukan pada tahap design yaitu:

a. Penyusunan Kerangka LKPD

Kerangka LKPD terdapat desain tampilan dari bahan ajar yaitu:

1. Bagian Pembuka

Bagian ini mencakup sampul depan LKPD, kata pengantar, capaian dan tujuan pembelajaran, serta panduan belajar.

2. Bagian isi LKPD

Bagian ini memuat materi tentang energi alternatif. LKPD ini mencakup tahapan-tahapan dalam proses pembelajaran.

3. Bagian penutup

Bagian ini mencakup latihan soal serta daftar pustaka.

b. Perancangan Sistematika

Sistematika ini dirancang mengikuti tahapan-tahapan pembelajaran berbasis proyek yang diuraikan oleh Colley (2008), yaitu:

Tahap 1: Orientasi

Tahap 2: Mengidentifikasi dan menentukan proyek

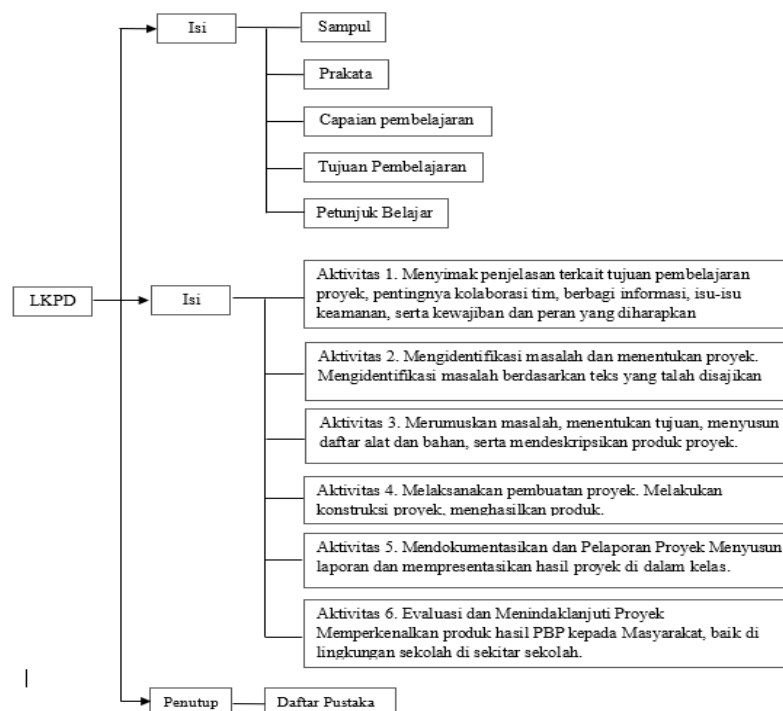
Tahap 3: Merencanakan proyek

Tahap 4: Melaksanakan proyek

Tahap 5: Mendokumentasikan dan pelaporan proyek

Tahap 6: Mengevaluasi dan menjalankan proyek

Berikut ini merupakan rancangan produk LKPD.



Gambar 2. Rancangan Desain Produk.

c. Perancangan *Biofuel*

Tahapan pengolahan limbah daun kering menjadi briket *biofuel* diawali dengan menyiapkan bahan dasar, yaitu daun kering yang sering dianggap sebagai sampah. Daun-daun ini kemudian dikeringkan dan dihaluskan menjadi serbuk halus. Langkah berikutnya adalah mencampurkan serbuk daun dengan perekat alami, seperti tepung tapioka, untuk membentuk adonan briket. Adonan tersebut lalu dicetak menggunakan alat pencetak dan dijemur hingga benar-benar kering. Setelah briket terbentuk, dilakukan pengujian terhadap daya bakar, kadar air, dan kepadatan untuk menilai kualitasnya sebagai sumber energi alternatif. Tahap akhir melibatkan refleksi terhadap proses dan hasil, guna mengidentifikasi perbaikan dalam komposisi bahan atau teknik pencetakan. Proses ini melatih berpikir kritis dan *sustainability literacy* peserta didik dalam mengolah limbah organik menjadi energi terbarukan yang ramah lingkungan dan aplikatif. Berikut merupakan rancangan *biofuel* berupa briket dari pengolahan limbah daun kering.



Gambar 3. Rancangan Desain *Biofuel* Berupa Briket dari Limbah Daun Kering

d. Perancangan Instrumen

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini berupa angket dengan skala *likert* yang terdiri dari empat pilihan jawaban, yaitu 1 (sangat kurang valid), 2 (cukup valid), 3 (valid), dan 4 (sangat valid). Sebelum memasuki tahap pengembangan, peneliti terlebih dahulu melakukan evaluasi menyeluruh pada setiap langkah penyusunan instrumen. Angket tersebut telah dimodifikasi untuk disesuaikan dengan kebutuhan penelitian, dengan menambahkan elemen-elemen kontekstual yang relevan untuk memastikan instrumen dapat mengukur aspek-aspek penting. Peneliti tidak hanya menggunakan angket untuk menilai validasi dari para validator, tetapi juga merancang angket terpisah untuk mendapatkan respons dari pendidik dan peserta didik. Angket untuk mereka disusun dengan poin-poin yang telah disesuaikan agar dapat secara efektif mengukur sejauh mana LKPD yang dikembangkan menarik minat dan seberapa efektif penggunaannya dalam proses pembelajaran. Melalui instrumen ini, peneliti dapat mengumpulkan data terkait tingkat validitas serta daya tarik LKPD di mata pendidik dan peserta didik, sehingga dapat memberikan gambaran menyeluruh tentang kualitas produk yang dihasilkan.

3.2.3 Tahap *Develop* (Pengembangan)

Tahap *develop* merupakan suatu tahap untuk menghasilkan produk pengembangan. Tahap *develop* bertujuan sebagai proses pembuatan produk media pembelajaran yang akan menghasilkan media pembelajaran berupa LKPD. Pada tahap *develop* melalui 2 langkah yaitu validasi *expert* dan validasi empiris. Berikut penjelasan dari masing – masing langkah:

a. Validasi Empiris

Validasi empiris adalah pengujian produk pengembangan berupa briket yang dilakukan melalui serangkaian pengujian praktis.

Validasi empiris pada pengembangan briket dari daun kering dilakukan untuk memastikan bahwa briket yang dihasilkan memenuhi standar kualitas melalui pengujian langsung berdasarkan data dan fakta lapangan. Proses validasi ini melibatkan serangkaian uji, seperti pengukuran nilai kalor untuk mengetahui seberapa besar energi panas yang dihasilkan, uji kadar air untuk melihat kelembapan dalam briket, serta uji kadar abu guna menilai seberapa bersih proses pembakarannya. Hasil dari setiap uji ini dibandingkan dengan standar ideal atau nilai acuan yang berlaku, sehingga dapat disimpulkan apakah briket dari daun kering layak digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Validasi ini penting untuk memberikan dasar ilmiah bahwa briket yang dikembangkan tidak hanya efisien secara energi, tetapi juga aman dan ramah lingkungan.

b. Validasi *Expert*

Penilaian dari para ahli atau praktisi terhadap perangkat pembelajaran mencakup beberapa aspek, seperti tampilan, bahasa, gambar, dan isi. Tujuan dari validasi ini adalah untuk mengetahui apakah produk yang dikembangkan, yaitu LKPD berbasis proyek, layak digunakan. Dalam penelitian ini, validasi dilakukan oleh dua guru yang ahli dalam materi dan satu dosen yang ahli dalam media pembelajaran dari Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Lampung. Penilaian ini difokuskan pada isi dari media pembelajaran yang dibuat oleh peneliti. Validasi dilakukan agar media pembelajaran yang dikembangkan sesuai dengan tujuan awalnya. Sebelum proses validasi dilakukan oleh para validator, peneliti terlebih dahulu menyiapkan lembar penilaian berupa angket. Lembar angket ini kemudian divalidasi oleh para ahli (*expert judgement*) untuk memastikan bahwa angket tersebut dapat

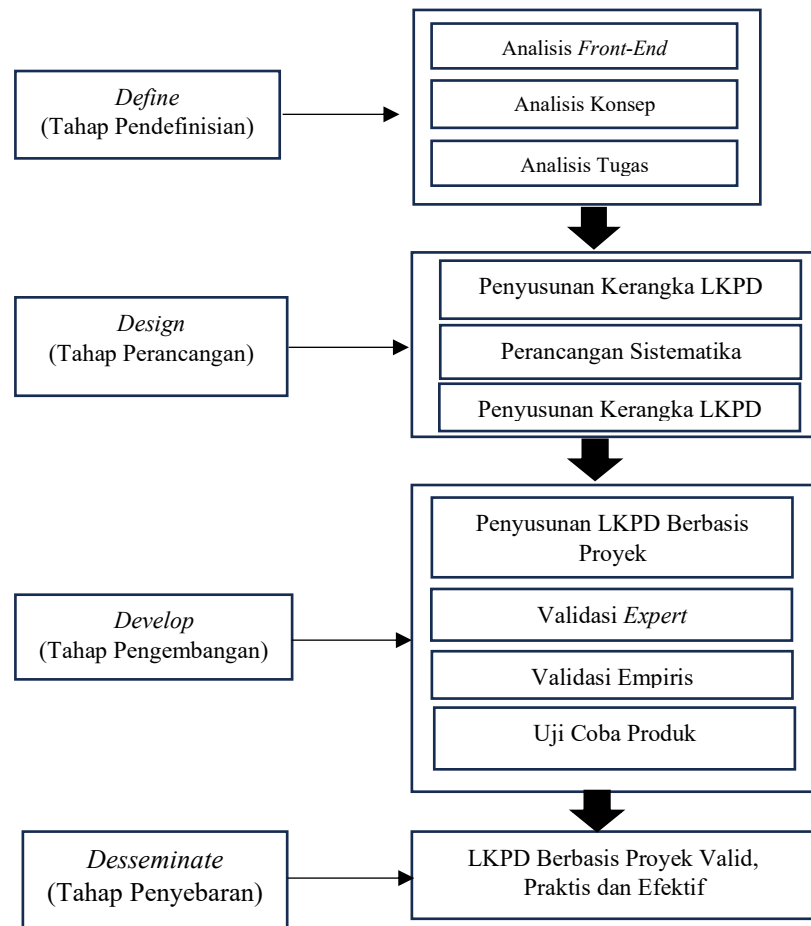
mengukur aspek-aspek yang penting dalam media pembelajaran yang dibuat.

c. Uji Coba Produk

Percobaan produk ini dilakukan untuk mendapatkan masukan dari guru dan peserta didik tentang LKPD yang telah dibuat. Guru diminta menilai isi dan susunan LKPD menggunakan angket, sementara siswa diminta menilai seberapa menarik LKPD tersebut. Uji coba dilakukan dengan melibatkan 12 siswa yang akan mengerjakan LKPD sesuai dengan indikator berpikir kritis dan *sustainability literacy*, untuk melihat apakah keterampilan tersebut dapat terlatih setelah menggunakan LKPD yang dikembangkan.

3.2.4 Tahap *Disseminate* (Penyebaran)

Tahap *disseminate* dalam pengembangan produk pembelajaran terdiri dari tiga langkah utama. Pertama adalah *validation testing*, yaitu menguji produk yang sudah diperbaiki berdasarkan saran ahli (*expert*) kepada pengguna sebenarnya untuk melihat apakah produk tersebut sudah efektif mencapai tujuan yang diharapkan. Jika masih ada tujuan yang belum tercapai, maka produk harus diperbaiki lagi sebelum disebarkan lebih luas. Langkah kedua adalah pengemasan, yaitu mempersiapkan produk agar siap disebarkan. Langkah ketiga adalah penyebaran dan adopsi, yaitu mendistribusikan produk agar bisa digunakan oleh lebih banyak orang. Pada tahap ini, peneliti akan menyebarkan produk akhir berupa LKPD berbasis proyek pengolahan limbah daun kering untuk materi energi alternatif kelas X di Lampung Selatan. Hasil dari penelitian ini nantinya akan dipublikasikan secara resmi melalui jurnal ilmiah. Prosedur lengkap dari penelitian ini dapat dilihat pada diagram alur di Gambar 4.



Gambar 4. Alur model Pengembangan 4D

3.3. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi sebagai alat pengumpul data. Instrumen-instrumen tersebut dipilih secara khusus untuk tahap perencanaan (*define*) dan pengembangan (*develope*) penelitian.

3.3.1 Instrumen pada Tahap *Define*

a. Angket Respon Guru

Angket respon guru dibuat khusus untuk memperoleh informasi tentang penggunaan LKPD dalam pembelajaran materi energi alternatif. Angket ini berisi 15 pertanyaan pilihan ganda yang

dilengkapi dengan kolom alasan, agar guru dapat memberikan penjelasan lebih rinci. Penyebaran angket dilakukan melalui *WhatsApp* kepada guru fisika kelas X, dan disajikan dalam bentuk *Google Form*.

b. Angket Respon Peserta Didik

Angket respon peserta didik dibuat secara khusus untuk mengetahui seberapa baik mereka memahami LKPD yang digunakan dalam pembelajaran. Angket ini berisi 11 pertanyaan sederhana dengan pilihan jawaban, di mana peserta didik diminta memberikan alasan atas jawaban yang dipilih. Selanjutnya, angket disebar oleh guru fisika melalui grup *WhatsApp* kelas XI di beberapa sekolah yang sudah mempelajari topik energi alternatif.

3.3.2 Instrumen pada Tahap *Develop*

a. Angket Uji Validitas *Expert*

Angket validasi *expert* digunakan untuk menilai kelayakan LKPD yang dikembangkan, khususnya dari segi desain dan isi materi tentang energi alternatif dalam pembelajaran berbasis proyek. Sebelum digunakan, angket ini harus divalidasi terlebih dahulu oleh dosen dari Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung. Angket kemudian diberikan kepada para ahli yang berpengalaman, yaitu ahli media, ahli materi, dan ahli bahasa. Hasil penilaian dari para ahli ini menjadi dasar dalam menyempurnakan LKPD agar sesuai dengan standar yang diharapkan. Bentuk angket ini adalah semi tertutup, berisi pernyataan yang dinilai menggunakan skala *likert* yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011) pada Tabel 4.

Tabel 4. Skala *likert* pada angket uji validasi *expert*

No	Pilihan Jawaban	Skor
1	Sangat Baik	4
2	Baik	3
3	Kurang Baik	2
4	Tidak Baik	1

(Ratumanan & Laurent, 2011).

b. Angket Uji Keterbacaan

Uji keterbacaan dimaksudkan untuk mengetahui keterbacaan produk LKPD berbasis proyek yang akan dikembangkan oleh peneliti.

Sistem penskoran menggunakan skala *likert* yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011), yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Skala *likert* pada angket uji kepraktisan

No	Pilihan Jawaban	Skor
1	Sangat Praktis	4
2	Praktis	3
3	Kurang Praktis	2
4	Tidak Praktis	1

(Ratumanan & Laurent, 2011).

c. Instrumen Uji Coba Produk

1) Angket Uji Persepsi Guru

Angket uji persepsi guru digunakan untuk menilai apakah isi LKPD sesuai dengan tujuan pembelajaran dan seberapa menarik tampilannya, termasuk dalam hal pemilihan warna, tata letak, dan desain keseluruhan. Pertanyaan dalam angket ini sama seperti yang digunakan dalam angket penilaian oleh ahli.

Penilaian dalam angket guru menggunakan skala Likert yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011), sama seperti yang digunakan pada uji keterbacaan yang ditampilkan pada Tabel 4.

2) Angket Respon Peserta Didik

Angket respon peserta didik digunakan untuk menilai sejauh mana tampilan LKPD menarik bagi mereka. Pertanyaan dalam

angket ini sama seperti yang digunakan oleh guru dan validator. Penilaian dalam angket guru menggunakan skala Likert yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011), seperti yang digunakan juga dalam uji keterbacaan pada Tabel 4.

3.4. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian pengembangan ini dilakukan melalui angket dan tes. Angket disebar pada tahap *define* untuk mengetahui jenis LKPD materi energi alternatif yang biasa digunakan oleh guru dan siswa dalam pembelajaran di sekolah. Dalam penelitian ini, angket juga digunakan untuk validasi oleh ahli (*expert*) terhadap LKPD yang telah dikembangkan. Proses validasi dilakukan dengan cara memperlihatkan LKPD kepada ahli, lalu mereka diminta mengisi angket penilaian sebagai bentuk evaluasi terhadap produk tersebut.

Kepraktisan LKPD yang dikembangkan diukur melalui angket keterbacaan, angket persepsi guru, dan angket untuk peserta didik. Pada tahap ini, dilakukan uji coba terbatas dengan melibatkan beberapa guru dan peserta didik sebagai responden. Pengumpulan data dilakukan dengan cara memperlihatkan LKPD yang telah dibuat, lalu guru diminta mengisi angket persepsi, sementara sekelompok kecil peserta didik mengisi angket keterbacaan. Selain itu, setelah peserta didik menyelesaikan LKPD, mereka juga diminta mengisi angket respon. Untuk mengukur efektivitas LKPD, data dikumpulkan berdasarkan indikator berpikir kritis dan *sustainability literacy* yang terlihat dari jawaban peserta didik pada LKPD tersebut.

Secara umum, pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan secara menyeluruh dengan menggabungkan penggunaan angket dan tes. Proses ini dilakukan sejak tahap pengembangan, uji coba, hingga penerapan LKPD. Tujuannya adalah untuk mendapatkan informasi yang tepat mengenai tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitas dari LKPD yang telah dibuat.

3.5. Teknik Analisis Data

3.5.1 Teknik Analisis Data Kevalidan

Analisis data kevalidan diperoleh melalui angket yang diisi oleh para ahli, yaitu ahli materi dan konstruksi serta ahli media dan desain. Penilaian kevalidan dilakukan melalui uji validitas oleh para ahli tersebut. Selanjutnya, data hasil uji validitas dianalisis menggunakan perhitungan rumus tertentu untuk mengetahui tingkat kevalidannya.

$$p = \frac{\text{Rerata yang didapat}}{\sum \text{Total}}$$

Hasil yang dihitung kemudian ditafsirkan sehingga mendapatkan kualitas dari produk yang akan dikembangkan. Penafsiran skor diadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011) seperti yang terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Konversi skor penilaian kevalidan produk

Interval Skor Hasil Penelitian	Kriteria
3,25 < skor < 4,00	Sangat Valid
2,50 < skor < 3,25	Valid
1,75 < skor < 2,50	Kurang Valid
1,00 < skor < 1,75	Tidak Valid

(Ratumanan & Laurent, 2011).

Berdasarkan Tabel 6, peneliti memberikan batasan bahwa produk LKPD yang akan dikembangkan oleh peneliti terkategori valid untuk digunakan jika produk mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal persentase sebesar 2,50 dengan kriteria valid.

3.5.2 Teknik Analisis Data Kepraktisan

Analisis data kepraktisan bertujuan untuk mengetahui seberapa praktis produk yang dikembangkan, yang dinilai melalui pengisian angket keterbacaan (data berbentuk angka). Jawaban dari angket tersebut akan dianalisis menggunakan persentase, dengan rumus yang dikembangkan oleh Sudjana (2005).

$$\%X = \frac{\sum \text{skor yang diperoleh}}{\sum \text{maksimum}} 100\%$$

Data dari hasil angket uji keterbacaan dianalisis menggunakan metode persentase yang diambil dari Arikunto (2011), seperti halnya dalam analisis data untuk menilai tingkat kepraktisan produk.

Tabel 7. Konversi skor penilaian kepraktisan

Persentase	Kriteria
0,00% - 20%	Tidak Baik
20,1% - 40%	Kurang Baik
40,1% - 60%	Cukup Baik
60,1% - 80%	Baik
80,1% - 100%	Sangat Baik

(Arikunto, 2011).

Berdasarkan Tabel 7, peneliti memberi batasan bahwa produk yang dikembangkan terkategori praktis jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 40,1% dengan kriteria kepraktisan sedang/cukup baik.

3.5.3 Teknik Analisis Data Uji Coba Produk

a. Data Uji Persepsi Guru

Data tanggapan dari guru diperoleh melalui angket persepsi yang telah diisi oleh guru, kemudian dianalisis menggunakan metode persentase menurut Sudjana (2005).

$$\%X = \frac{\sum \text{skor yang diperoleh}}{\sum \text{maksimum}} 100\%$$

Hasil persentase yang diperoleh dikonversikan dengan kriteria yang diadaptasi dari Arikunto (2011) sebagai berikut.

Tabel 8. Konversi skor penilaian persepsi terhadap produk

Persentase	Kriteria
0,00% - 20%	Tidak Baik
20,1% - 40%	Kurang Baik
40,1% - 60%	Cukup Baik
60,1% - 80%	Baik
80,1% - 100%	Sangat Baik

(Arikunto, 2011).

Berdasarkan Tabel 8, peneliti memberi batasan bahwa produk LKPD yang akan dikembangkan terkategori baik untuk digunakan pada pembelajaran apabila mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 40,1% dengan kriteria sedang/cukup baik.

b. Data Respon Peserta Didik

Data tanggapan diperoleh melalui angket yang diisi oleh peserta didik, kemudian data tersebut dianalisis menggunakan teknik persentase menurut Sudjana (2005) dengan rumus sebagai berikut.

$$\%X = \frac{\sum \text{skor yang diperoleh}}{\sum \text{maksimum}} 100\%$$

Hasil persentase data respon yang diperoleh, kemudian dikonversikan dengan kriteria yang diadaptasi dari Arikunto (2011) sebagai berikut.

Tabel 9. Konversi skor penilaian respon terhadap produk

Persentase	Kriteria
0,00% - 20%	Tidak Baik
20,1% - 40%	Kurang Baik
40,1% - 60%	Cukup Baik
60,1% - 80%	Baik
80,1% - 100%	Sangat Baik

(Arikunto, 2011).

Berdasarkan Tabel 9, peneliti menetapkan bahwa produk LKPD yang dikembangkan dianggap layak digunakan dalam pembelajaran

jika memperoleh skor minimal 40,1%, yang termasuk dalam kategori sedang atau cukup baik.

3.5.4 Teknik Analisis Data Keefektifan

Analisis data untuk mengukur efektivitas produk dilakukan dengan meninjau indikator keterampilan berpikir kritis dan sustainability literacy berdasarkan jawaban peserta didik dalam LKPD. Penilaian terhadap keterampilan berpikir kritis dan sustainability literacy dianalisis menggunakan rumus tertentu.

$$NP = \frac{\sum NI}{SM} \times 100\%$$

Keterampilan; NP = Nilai yang dicari

$\sum NI$ = Jumlah Nilai Indikatoryang muncul

SM = Skor Maks Indikator

(Trianto, 2010)

Persentase yang diperoleh dikonversikan ke dalam kategori penilaian keterampilan berpikir kritis dan literasi keberlanjutan yang ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Konversi skor kategori penilaian keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy*

Persentase	Kriteria
0,00% - 20%	Tidak Terlatih
20,1% - 40%	Kurang Terlatih
40,1% - 60%	Cukup Terlatih
60,1% - 80%	Terlatih
80,1% - 100%	Sangat Terlatih

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa :

1. LKPD berbasis proyek yang dikembangkan telah terbukti valid secara teoritis maupun empiris. Validitas teoritis diperoleh melalui penilaian tiga validator ahli yang mencakup aspek isi, konstruk, dan kebahasaan. Rata-rata skor yang diperoleh adalah 3,72 dari skala maksimum 4, yang dikategorikan sangat valid. Validitas empiris ditunjukkan melalui uji keterbacaan oleh peserta didik, di mana LKPD dapat dipahami dengan baik dan sesuai digunakan dalam proses pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa LKPD telah memenuhi standar kelayakan dan mampu menunjang pembelajaran yang melatih keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy*.
2. Kepraktisan LKPD diperoleh melalui angket respon guru dan peserta didik, serta observasi selama pelaksanaan pembelajaran. Hasil pengolahan data menunjukkan nilai rata-rata 80,66%, yang masuk dalam kategori sangat praktis. Guru menyatakan bahwa LKPD mudah digunakan dalam pengelolaan kelas dan penyampaian materi, sedangkan peserta didik merasa terbantu dalam mengikuti kegiatan pembelajaran. LKPD memberikan pengalaman belajar yang aktif dan menyenangkan melalui proyek pembuatan briket dari limbah daun kering, serta mampu mendorong peserta didik berpikir kritis dan bertanggung jawab terhadap isu lingkungan.
3. Efektivitas LKPD berbasis proyek yang telah dikembangkan telah efektif untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy*

4. Peserta didik. Peserta didik mampu mengidentifikasi masalah energi, mengevaluasi solusi, serta menunjukkan sikap peduli terhadap lingkungan dalam bentuk tindakan konkret dengan rata-rata persentase ketercapaian sebesar 93,19% untuk berpikir kritis dan 90,83% untuk *sustainability literacy*. Dengan demikian, LKPD ini dinyatakan efektif dalam melatih keterampilan berpikir kritis dan *sustainability literacy*, sesuai dengan tujuan pengembangan yang telah dirancang dalam penelitian ini.

5.2 Saran

Bedasarkan kesimpulan penelitian, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan sebagai berikut:

1. Guru dapat menggunakan LKPD yang telah dikembangkan sebagai bahan ajar alternatif yang efektif melatih keterampilan berpikir kritis dan kepedulian terhadap lingkungan. Guru disarankan menyesuaikan proyek dengan kondisi sekolah.
2. Peneliti selanjutnya disarankan memperluas penelitian ke jenjang atau dalam kelompok luas serta mengembangkan bentuk digital agar lebih adaptif dengan pembelajaran modern.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, W., Permanasari, A., & Hamidah, I. (2021). *Jurnal Pendidikan MIPA*. 22(October), 206–214.
- Amelia, N., & Aisya, N. (2021). Model Pembelajaran Berbasis Proyek (Project Based Learning) Dan Penerapannya Pada Anak Usia Dini Di Tkit Al-Farabi. *Buhuts Al-Athfal: Jurnal Pendidikan Dan Anak Usia Dini*, 1(2), 181–199.
- Anggraini, D., Abdurrahman, & Herlina, K. (2022). Development of Learning Program Based on Multiple Representations Integrated with PjBL George Lucas and STEM to Foster Students' Sustainability Literacy. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Keilmuan (JPFK)*, 8(2), 253–279.
- Ardiyanti, F., & Nuroso, H. (2021). Analisis Tingkat Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas Xi Mipa Dalam Pembelajaran Fisika. *Karst : Jurnal Pendidikan Fisika Dan Terapannya*, 4(1), 21–26.
- Ariadila, S. N., Silalahi, Y. F. N., Fadiyah, F. H., Jamaluddin, U., & Setiawan, S. (2023). Analisis Pentingnya Keterampilan Berpikir Kritis Terhadap Pembelajaran Bagi Siswa. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(20), 664–669.
- Ayu, M., Aghniya, S. M., Nofri, B. A., & Indriasari, R. (2023). Penerapan Project-Based Learning pada Topik Pengelolaan Application of Project-Based Learning on the Topic of Waste Management to Increase Sustainability Literacy for Students. *Edufortech*, 8(1), 61–70.
- Ayuningsih, F., Malikhah, S., Nugroho, M. R., Winarti, W., Murtiyasa, B., & Sumardi, S. (2022). Pembelajaran Matematika Polinomial Berbasis STEAM PjBL Menumbuhkan Kreativitas Peserta Didik. *Jurnal Basicedu*, 6(5), 8175–8187.
- Bell, S. (2010). Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39–43.
- Bryce, T. G. K., & Blown, E. J. (2024). Ausubel's meaningful learning re-visited. *Current Psychology*, 43(5), 4579–4598.

- Colley, K. (2008). Project Based Science. *The Science Teacher*, November 2008, 23–28.
- Decamps, A. (2017). *Accountability in education : Meeting our commitments Analysis of Determinants of a Measure of Sustainability Literacy*. 1–31.
- Decamps, A., Barbat, G., Carteron, J. C., Hands, V., & Parkes, C. (2017). Sulitest : A collaborative initiative to support and assess sustainability literacy in higher education. *Elsevier*, 15, 138–152.
- Dewi, Z. N. (2023). *Pengembangan E-Lkpd Berbasis Proyek Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Berorientasi Pada Keterampilan Berpikir Kritis Siswa*. 5, 1–14.
- Fahmi, I., Soelistyo, T., Maulani, M., Sasongko, N. A., Yoesgiantoro, D., Penelitian, D., & Au, T. N. I. (2022). *Bahan Bakar Hayati Sebagai Pengganti Bahan Bakar Fosil (Biofuel : Biodiesel , Bioethanol , BioAvtur , Green Diesel , Green Gasoline , Green Avtur)*. 1(3), 51–58.
- Febrianti, N. T. (2020). *International Journal of Business and Social Science Research*. 25–35.
- Ganing, M., Suryanto, A., Sabara, Z., & Arman, M. (2021). Pemanfaatan Daun Ketapang Kering dan Kulit Kakao menjadi Briket sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Journal of Chemical Process Engineering*, 6(2), 74–82.
- Gurcay, D., & Ferah, H. O. (2018). High School Students' Critical Thinking Related to Their Metacognitive Self-Regulation and Physics Self-Efficacy Beliefs. *Journal of Education and Training Studies*, 6(4), 125.
- Haryadi, R., Vita, M., Utami, I. S., Ihsanudin, I., Setiani, Y., & Suherman, A. (2019). Briquettes production as teaching aids physics for improving science process skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(3).
- Hidayah, N., Astarinugrahini, I., Maknunah, L., Matematika, F., Alam, P., & Negeri, U. (2014). Briket Ketapang. *Jurnal Penelitian Mahasiswa UNY*, 81–89.
- Idaresit Akpan, V., Angela Igwe, U., Blessing Ijeoma Mpamah, I., & Onyinyechi Okoro, C. (2020). Social Constructivism: Implications on Teaching and Learning. *British Journal of Education*, 8(8), 49–56.
- jowita, v., N. (2017). *Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (Lkpd) Menggunakan Model Problem Based Learning Pada Tema 4 Sehat Itu Penting Sebtema 3 Lingkungan Sehat Di Kelas V Sd Negeri 55/I Sridadi*. 1–10.
- Khalifah, I., Sakti, I., & Sutarno, S. (2021). Pengembangan Lkpd Berbasis Project Based Learning Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Pada Materi Induksi Elektromagnetik. *Diksains : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains*, 1(2), 69–80.
- Kristanti, Y. D., & Studipendidikanfisika, M. P. (n.d.). *Model Pembelajaran Berbasis Proyek (Project Based Learning Model) Pada Pembelajaran*.

122–128.

- Lase, N. K., & Zai, N. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Contextual Teaching and Learning pada Materi Sistem Ekskresi Manusia di Kelas VIII SMP Negeri 3 Idanogawo. *Jurnal Pendidikan Minda*, 3(2), 99–113.
- Lestari, Y. W., Hairida, H., Sartika, R. P., Enawati, E., & Muharini, R. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Problem Based Learning (PBL) pada Materi Koloid. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(4), 5342–5351.
- Narut, Y. F., & Nardi, M. (2019). Analisis Sikap Peduli Lingkungan Pada Siswa Kelas VI Sekolah Dasar di Kota Ruteng. *Scholaria: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 9(3), 259–266.
- Nurhayati, I., Pramono, K. S. E., & Farida, A. (2024). Keterampilan 4C (Critical Thinking, Creativity, Communication And Collaboration) dalam Pembelajaran IPS untuk Menjawab Tantangan Abad 21. *Jurnal Basicedu*, 8(1), 36–43.
- Otoni Harefa, A. (2013). *168547-ID-penerapan-teori-pembelajaran-ausubel-dal.pdf*.
- Putriyana, A. W., Auliandari, L., & Kholillah, K. (2020). Kelayakan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Model Pembelajaran Search, Solve, Create and Share pada Praktikum Materi Fungi. *Biodik*, 6(2), 106–117.
- Qureshi, S. M. Q. (2020). Learning by sustainable living to improve sustainability literacy. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21(1), 161–178.
- Rahmah, N. (2018). Belajar Bermakna Ausubel. *Al-Khwarizmi: Jurnal Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 1(1), 43–48.
- Rati, N. W., Kusmaryatni, N., & Rediani, N. (2017). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Proyek terhadap Kreativitas Dan Hasil Belajar Pendidikan Ipa Sd Mahasiswa PGSD Undiksha Upp Singaraja. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 6(1), 60–71.
- Rehani, A., & Mustofa, T. A. (2023). *Implementasi Project Based Learning dalam Meningkatkan Pola Pikir Kritis Siswa di SMK Negeri 1 Surakarta*. 12(4), 487–496.
- Rohmawati, R. I. (2018). *BioEdu The Feasibility Of Plant Structure And Function Student Worksheet BioEdu*. 7(2), 242–249.
- Sari, D. T., Aula, A. W., Nugraheni, V. A., & Dina, Z. K. (2022). *Untuk Menumbuhkan Kemampuan Berpikir Kritis Application Of Problem-Based Learning To Elementary School Students To Develop Critical Thinking Skills*. 2, 82–96.
- Sholeha Meisyaroh, S., & Supahar. (2023). *Jurnal pendidikan fisika*. 09, 85–104.

- Siagian, P., Suleman, N., Sufriadi Purba, J., Asrim, Tambi, Erna Widiyanti, S., Zulia Prihatini, W. O., Budirohmi, A., & Armus, R. (2023). *Energi baru terbarukan sebagai energi alternatif*.
- Stančin, H., Mikulčić, H., Wang, X., & Duić, N. (2020). A review on alternative fuels in future energy system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 128(June).
- Sudewi, N. Suharsono, & M, K. I. (2013). Penerapan model pembelajaran berbasis proyek untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada siswa kelas X multimedia 3 SMK Negeri 1 Sukasada. *E-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha*, 3(1), 1–11.
- Thepsithar, D. P. (2020). *Alternative Fuels for International Shipping*.
- Thiagarajan, & Sivasailan. (1974). Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook. *Journal of School Psychology*, 14(1), 75.
- Vygotsky, L. S. 1989. Concrete Human Psychology. *Soviet Psychology*, 27(2), 53–77.
- Wandi, A., Harri, S., & Askin. (2015). Pemanfaatan Limbah Daun Kering Menjadi Briket untuk Bahan Bakar Tungku. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 1(1), 1–6.
- Widiyatmoko, A., & Pamelasari, S. D. (2012). Pembelajaran berbasis proyek untuk mengembangkan ALAT peraga IPA dengan memanfaatkan bahan bekas pakai. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 1(1), 51–56.