

**PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PROYEK PENGOLAHAN
LIMBAH KULIT SINGKONG UNTUK MELATIHKAN
KETERAMPILAN KREATIVITAS ILMIAH
PESERTA DIDIK**

(Skripsi)

Oleh

**DIANA PUSPITA
2113022023**



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

ABSTRAK

PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PROYEK PENGOLAHAN LIMBAH KULIT SINGKONG UNTUK MELATIHKAN KETERAMPILAN KREATIVITAS ILMIAH PESERTA DIDIK

Oleh

DIANA PUSPITA

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan LKPD berbasis proyek yang valid, praktis, dan efektif untuk melatih keterampilan kreativitas ilmiah peserta didik pada materi energi alternatif. Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini menggunakan model 4D (*Define, Design, Develop, and Disseminate*) yang diadaptasi dari 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 3,56, rata-rata validasi media dan desain sebesar 3,43 yang termasuk kategori sangat valid, dan validasi materi dan konstruk sebesar 3,68 yang termasuk kategori sangat valid. Hasil uji kepraktisan menunjukkan bahwa rata-rata skor uji keterbacaan sebesar 86,66% dengan kategori terbaca. Uji respon peserta didik memperoleh skor 85,57% dalam kategori sangat baik, sementara untuk uji persepsi guru mencapai 93,12%. Secara keseluruhan, rata-rata skor uji kepraktisan adalah 88,45%, yang termasuk dalam kategori sangat praktis. Hasil uji keefektifan menunjukkan skor rata-rata 85,96% dengan kategori sangat terlatih. Hal ini menunjukkan bahwa LKPD berbasis proyek yang dikembangkan valid, praktis, dan efektif dalam melatih keterampilan kreativitas ilmiah, dibuktikan melalui peningkatan signifikan pada ketercapaian indikator.

Kata Kunci : Keterampilan Kreativitas Ilmiah, LKPD, Pembelajaran Berbasis Proyek

**PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PROYEK PENGOLAHAN
LIMBAH KULIT SINGKONG UNTUK MELATIHKAN
KETERAMPILAN KREATIVITAS ILMIAH
PESERTA DIDIK**

Oleh

DIANA PUSPITA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu 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 PENGOLAHAN LIMBAH KULIT
SINGKONG UNTUK MELATIHKAN
KETERAMPILAN KREATIVITAS ILMIAH
PESERTA DIDIK**

Nama Mahasiswa

: **Diana Puspita**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **2113022023**

Program Studi

: **Pendidikan Fisika**

Jurusan

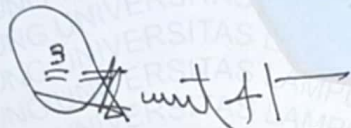
: **Pendidikan MIPA**

Fakultas

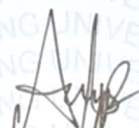
: **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**

MENYETUJUI

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. Abdurrahman, M.Si.



Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd.

NIP. 19870504 201404 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 April 2025

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini adalah:

Nama : Diana Puspita

NPM : 2113022023

Fakultas / Jurusan : KIP / Pendidikan MIPA

Program Studi : Pendidikan Fisika

Alamat : Desa Purba Sakti, Kec. Abung Surakarta, Kab. Lampung
Utara

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 secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Bandar Lampung, 24 April 2025
Yang Menyatakan,



Diana Puspita
NPM 2113022023

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Purba Sakti, pada tanggal 21 April 2003. Penulis adalah putri dari pasangan Bapak Sulitno dan Ibu Yuli Hartuti.

Penulis mengawali pendidikan formal pada tahun 2008 di TK Dharma Wanita Purba Sakti. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan pada tahun 2009 di SDN 01 Purba Sakti. Pada tahun 2015, penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 02 Tumijajar. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 01 Tumijajar 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 Media Center di Aliansi Mahasiswa Pendidikan Fisika (Almafika). Penulis juga melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Seloretro, Kecamatan Sidomulyo, Kabupaten Lampung Selatan. Kegiatan tersebut bersamaan dengan pelaksanaan Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) 1 dan 2 yang dilaksanakan di SMAN 1 Sidomulyo.

MOTTO

*“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”
(Q.S. Al-Insyirah: 5-6)*

*“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 akan bisa kau ceritakan.”
(Boy Chandra)*

*“Rasakanlah setiap proses yang kamu tempuh dalam hidupmu, sehingga kamu tau betapa hebatnya dirimu sudah berjuang sampai detik ini.”
(Diana Puspita)*

*“Setetes keringat orang tuaku yang keluar, ada seribu langkahku untuk maju.”
(Diana Puspita)*

PERSEMBAHAN

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang selalu melimpahkan nikmat dan hidayahnya, dan semoga shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi kita Muhammad SAW. Bersama rasa syukur yang mendalam, penulis mempersembahkan karya sederhana ini sebagai rasa tanggung jawab dalam menyelesaikan pendidikan dan tanda bakti nan tulus yang mendalam kepada:

1. Orang tua tercinta, Bapak Sulitno dan Ibu Yuli Hartuti yang telah sepenuh hati membesarkan, mendidik, mendoakan, serta mendukung segala bentuk perjuangan penulis. Semoga Allah SWT selalu menguatkan langkahku untuk selalu membahagiakan dan membanggakan kalian;
2. Kakek dan nenek penulis, Bapak Natek dan Ibu Poniem yang selalu dengan tulus mendukung dan mendoakan penulis;
3. Adik penulis, Wili Firmantony. Terimakasih sudah ikut serta dalam proses penulis menempuh pendidikan selama ini, terimakasih atas semangat, doa, dan cinta yang selalu diberikan kepada penulis;
4. Keluarga besar tersayang yang senantiasa mendoakan, memberikan dukungan, semangat, dan motivasi terbaiknya;
5. Para pendidik yang telah mengajarkan ilmu pengetahuan dan pengalaman, serta memberikan bimbingan terbaik kepada penulis dengan tulus dan ikhlas;
6. Sahabat dan teman-teman penulis yang selalu ada dalam setiap langkah perjuangan penulis dan senantiasa saling mengingatkan dalam kebaikan dan kesabaran;
7. 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 dan telah memberikan izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian;
5. Ibu Dr. Kartini Herlina, M.Si., selaku Pembimbing I sekaligus Pembimbing Akademik atas kesediaan dan keikhlasannya dalam memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis selama proses menyelesaikan skripsi;
6. Ibu Anggreini, M.Pd., selaku Pembimbing II atas kesediaan dan keikhlasannya dalam memberikan ide, saran, bimbingan serta motivasi kepada penulis selama menyelesaikan skripsi;
7. Bapak Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si., selaku Pembahas sekaligus validator atas kesediaan dan keikhlasannya memberikan arahan dan saran untuk perbaikan skripsi ini;
8. Ibu Ryna Aulia Falamy, M.Si.P., dan Ibu Erlita Yuani Putri, M.Pd., selaku validator produk yang dikembangkan oleh peneliti;
9. Bapak dan Ibu Dosen serta staf program studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung yang telah membimbing penulis dalam setiap proses pembelajaran;

10. Mahasiswa semester 2 Pendidikan Fisika Universitas Lampung yang telah membantu penulis untuk melaksanakan penelitian;
11. Sahabat tercinta, Anisa Aprilia Anggraini, Wulan Syah Hidayatullah, Fara Sasmianti, Andini Salsa Latifah, Isma Nurdiana, Sekar Kirana Nova Muda Putri, dan Septina Amelia. Terimakasih telah menemani setiap proses, mendengarkan, membantu, dan memberikan semangat kepada penulis;
12. Teman-teman bimbingan (Mahasiswa bimbingan Dr. Kartini Herlina, M.Si.), yaitu Amanda Fajar Arifia, Fitra Melisa, M. Arya Nata Raharjo, dan Farhana yang telah berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan skripsi;
13. Teman-teman yang selalu kebersamai penulis, Adelia Dwi Pramudhyta, Ni Komang Satyawati, Celine Dian Hutabarat, Hesty Astriani, Anastasya Sekar Indah Cahyani, dan Gusti Komang Aditya Ananta Putra yang selalu membantu penulis selama perkuliahan;
14. Teman-teman seperjuangan Lup 21;
15. Kepada kakak sepupu penulis, Ahmad Sidik Abdilah yang selalu memberikan penulis dukungan dan doa;
16. Kepada semua pihak yang terlibat dalam membantu penyelesaian penyusunan skripsi ini;

Semoga Allah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat dijadikan referensi untuk penelitian lain.

Bandar Lampung, 21 Maret 2025



Diana Puspita

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Manfaat Penelitian.....	9
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	10
II. TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Teori Belajar	11
2.1.1 Teori Belajar Bermakna Ausubel.....	11
2.1.2 Teori Belajar Konstruktivisme Sosial.....	14
2.2 Pembelajaran Berbasis Proyek (PBP).....	18
2.3 Lembar Kerja Peserta didik (LKPD).....	23
2.4 Limbah Kulit Singkong	25
2.5 <i>Alternative Electricity</i>	27
2.6 Kreativitas Ilmiah	28
2.7 <i>Hands On Acticity</i>	33
2.8 Penelitian Relevan	34
2.9 Kerangka Pemikiran	36
III. METODE PENELITIAN.....	39
3.1 Desain Penelitian Pengembangan.....	39
3.2 Prosedur Pengembangan	39
3.2.1 Tahap <i>Define</i>	39
3.2.2 Tahap <i>Design</i>	41
3.2.3 Tahap <i>Develop</i>	43
3.2.4 Tahap <i>Disseminate</i>	45
3.3 Instrumen Penelitian	47
3.3.1 Angket pada Tahap <i>Define</i>	47
3.3.2 Instrumen pada Tahap <i>Develop</i>	47
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	49
3.5 Teknik Analisis Data.....	50

3.5.1 Teknik Analisis Data Kevalidan	50
3.5.2 Teknik Analisis Data Kepraktisan	51
3.5.3 Teknik Analisis Data Uji Coba Produk	52
3.5.4 Teknik Analisis Data Keefektifan	53
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1 Hasil Penelitian Pengembangan	55
4.1.1 Produk	55
4.1.2 Hasil Validasi	56
4.1.3 Hasil Uji Kepraktisan	58
4.1.4 Hasil Uji Keefektifan	60
4.2 Pembahasan	61
4.2.1 <i>Define</i>	61
4.2.2 <i>Design</i>	64
4.2.3 <i>Development</i>	65
4.2.4 <i>Disseminate</i>	110
V. KESIMPULAN DAN SARAN	111
5.1 Kesimpulan	111
5.2 Saran	112
DAFTAR PUSTAKA	113
LAMPIRAN	121

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik Model Pembelajaran Berbasis Proyek.....	20
2. Komponen Kulit Singkong	25
3. <i>Examples of scientific creativity activities</i>	31
4. Penelitian Relevan.....	34
5. Skala Likert Pada Angket Uji Validasi Expert	48
6. Skala <i>Likert</i> Pada Angket Uji Kepraktisan.....	48
7. Konversi Skor Penilaian Kevalidan Produk.....	50
8. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan	51
9. Konversi Skor Penilaian Persepsi Terhadap Produk	52
10. Konversi Skor Penilaian Respon Terhadap Produk	52
11. Konversi Skor Kategori Penilaian Keterampilan Kreativitas Ilmiah	53
12. Hasil Uji Empiris Biobaterai Limbah Kulit Singkong	56
13. Hasil Rerata Skor Uji Ahli	57
14. Rangkuman Masukan Penilaian Ahli Media dan Desain	57
15. Hasil Uji Keterbacaan	58
16. Hasil Uji Respon Peserta Didik	59
17. Hasil Uji Persepsi Guru.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Model of Scientific Creativity (MSC)</i>	29
2. <i>AGA² Model For Scientific Creativity Activity</i>	32
3. Kerangka Pemikiran.....	38
4. Rancangan Desain Produk	42
5. Rancangan Desain Biobaterai dari Limbah Kulit Singkong.....	43
6. Prosedur Pengembangan Produk.....	46
7. Tampilan <i>Cover</i> LKPD.....	55
8. Rerata Skor Indikator Ketercapaian Keterampilan Kreativitas Ilmiah	61
9. Pembentukan Tim dan Pembagian LKPD	72
10. Jawaban Sebelum Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Suggesting Scientific Inquiry Problems</i> Pertanyaan Pertama.....	74
11. Jawaban Setelah Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Suggesting Scientific Inquiry Problems</i> Pertanyaan Pertama.....	74
12. Jawaban Sebelum Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Suggesting Scientific Inquiry Problems</i> Pertanyaan Kedua	75
13. Jawaban Setelah Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Suggesting Scientific Inquiry Problems</i> Pertanyaan Kedua	76
14. Jawaban Sebelum Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Suggesting Scientific Inquiry Problems</i> Pertanyaan Ketiga	77
15. Jawaban Setelah Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Suggesting Scientific Inquiry Problems</i> Pertanyaan Ketiga	77
16. Jawaban Sebelum Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Suggesting Scientific Inquiry Problems</i> Pertanyaan Keempat	78

17. Jawaban Setelah Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Suggesting Scientific Inquiry Problems</i> Pertanyaan Keempat	79
18. Jawaban Sebelum Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Suggesting Scientific Inquiry Problems</i> Pertanyaan Kelima	80
19. Jawaban Setelah Diberikan Bimbingan Indikator <i>Suggesting Scientific Inquiry Problems</i> Pertanyaan Kelima	80
20. Jawaban Sebelum Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Designing Or Improving Scientific Experiments</i> Kegiatan Merencanakan Proyek	82
21. Jawaban Setelah Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Designing Or Improving Scientific Experiments</i> Kegiatan Merencanakan Proyek	83
22. Jawaban Sebelum Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Designing Or Improving Scientific Experiments</i> Kegiatan Merencanakan Alat dan Bahan	85
23. Jawaban Setelah Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Designing Or Improving Scientific Experiments</i> Kegiatan Merencanakan Alat dan Bahan	85
24. Jawaban Sebelum Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Designing Or Improving Scientific Experiments</i> Kegiatan Merencanakan Prosedur Perencanaan Pembuatan Proyek	87
25. Jawaban Setelah Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Designing Or Improving Scientific Experiments</i> Kegiatan Merencanakan Prosedur Pembuatan Proyek	87
26. Jawaban Sebelum Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Designing Or Improving Scientific Experiments</i> Kegiatan Mendesain Proyek	89
27. Jawaban Setelah Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Designing Or Improving Scientific Experiments</i> Kegiatan Mendesain Proyek	89
28. Jawaban Sebelum Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Designing Or Improving Scientific Experiments</i> Kegiatan Membuat Jadwal Proyek	91
29. Jawaban Setelah Diberikan Bimbingan Pada Indikator <i>Designing Or Improving Scientific Experiments</i> Kegiatan Membuat Jadwal Proyek	91
30. Membuat Proyek	94
31. Menguji Coba Proyek	94
32. Jawaban Pada Indikator <i>Combining Things To Invent Something New</i> Kegiatan Mencatat Kemajuan Proyek	95

33. Jawaban Peserta Didik Merakit Proyek	96
34. Jawaban Peserta Didik Pada Indikator <i>Combining Things To Invent Something</i> New Prosedur Percobaan Proyek	97
35. Jawaban Peserta Didik Pada Indikator <i>Combining Things To Invent Something</i> New Kegiatan Mencatat Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan	99
36. Jawaban Peserta Didik Pada Indikator <i>Visualizing A Scientific Explanation</i> Kegiatan Kesimpulan Proyek.....	102
37. Hasil Laporan Peserta Didik Berupa Poster	103
38. Melakukan Presentasi	104
39. Memberikan Saran dan Masukan serta Tindaklanjut.....	106
40. Jawaban Peserta Didik Pada Indikator <i>Applying Experimental Results To New</i> <i>Situations</i> Kegiatan Langkah atau Perbaikan untuk Meningkatkan Kualitas Karya.....	106
41. Jawaban Peserta Didik Pada Indikator <i>Applying Experimental Results To New</i> <i>Situations</i> Kegiatan Langkah atau Tindaklanjut untuk Mengatasi Kendala yang dihadapi.....	107

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Angket Analisis Kebutuhan Peserta Didik	122
2. Hasil Analisis Kebutuhan Peserta Didik	129
3. Angket Analisis Kebutuhan Guru	132
4. Hasil Analisis Kebutuhan Guru.....	138
5. Surat Pra-Penelitian.....	142
6. Surat Balasan Pra-Penelitian	143
7. Instrumen Uji Validasi Produk	144
8. Rekapitulasi Hasil Uji Validasi Produk	150
9. Produk Sebelum dan Setelah Revisi	151
10. Instrumen Uji Keterbacaan	154
11. Rekapitulasi Hasil Uji Keterbacaan	149
12. Instrumen Uji Persepsi Guru.....	150
13. Rekapitulasi Hasil Uji Persepsi Guru.....	154
14. Instrumen Uji Respon Peserta Didik.....	158
15. Rekapitulasi Hasil Uji Respon Peserta Didik.....	162
16. Produk LKPD.....	166
17. Rubrik Penilaian LKPD	193
18. Hasil Rekapitulasi Ketercapaian Indikator Kreativitas Ilmiah.....	205
19. Dokumentasi Pembelajaran.....	208

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan abad 21 tidak hanya mengandalkan pengetahuan, tetapi juga menekankan pentingnya keterampilan yang relevan dengan perkembangan zaman. Keterampilan tersebut mencakup 6C terdiri dari *character, creativity, critical thinking, citizenship, communication, and collaboration* (Setiyowati *et al.*, 2023). Salah satu keterampilan yang penting dalam pendidikan abad 21 yaitu kreativitas, berfungsi sebagai kompetensi kunci untuk menghadapi kemajuan teknologi dan mempersiapkan diri menghadapi pekerjaan di masa depan (Mandumpal *et al.*, 2022). Dengan demikian, kurikulum pendidikan harus dirancang sedemikian rupa agar dapat menumbuhkan kreativitas pada peserta didik (Ferrero *et al.*, 2021).

Kreativitas yang terdapat dalam bidang sains dikenal sebagai kreativitas ilmiah atau *scientific creativity* (Yulia *et al.*, 2024). Kreativitas ilmiah sangat penting dalam pembelajaran IPA, yakni sebagai gagasan yang merangsang serangkaian proses untuk membentuk perilaku dan menghasilkan inovasi yang baru atau bermanfaat dalam sains (Fatimah *et al.*, 2019). Peserta didik dapat bebas mengembangkan ide-ide, terlibat dalam proses kreativitas ilmiah dan logis, serta menemukan hal-hal baru yang berguna. Dengan adanya kreativitas ilmiah peserta didik dapat lebih berkembang dalam kemampuan kreativitas ilmiah dan menyelesaikan masalah secara efektif.

Penelitian yang dilakukan oleh Sahrian (2022) menunjukkan bahwa kreativitas ilmiah peserta didik masih tergolong rendah. Hal ini disebabkan oleh metode pengajaran di kelas yang cenderung mengandalkan metode ceramah dari guru, sehingga peserta didik belum mampu secara mandiri menggunakan ide kreatif untuk mengeksplorasi konsep-konsep dari materi yang dipelajari. Guru yang menyampaikan instruksi dengan cara yang kreatif akan menciptakan lingkungan yang mendukung perkembangan kreativitas peserta didik. Kesempatan yang diberikan oleh guru secara langsung mendorong kreativitas dalam proses pembelajaran, sementara tindakan dan keterlibatan guru secara tidak langsung juga berdampak pada kreativitas peserta didik (Leasa *et al.*, 2021).

Kreativitas juga diyakini menjadi kunci untuk mengatasi masalah dunia nyata yang semakin kompleks, seperti meningkatnya kebutuhan energi (Suyidno *et al.*, 2019). Energi menjadi kebutuhan dasar manusia yang terus meningkat seiring dengan perkembangan taraf hidup, sehingga seluruh aktivitas kehidupan saat ini sangat bergantung pada ketersediaan energi. Hal ini menjadikan energi sebagai kebutuhan pokok dan faktor penting bagi kelangsungan hidup manusia (Abdullah & Masthura, 2021). Sebagian besar energi yang digunakan saat ini berasal dari energi tak terbarukan (*non renewable energy sources*) bahan bakar fosil, seperti gas, batu bara, dan minyak bumi. Bahan bakar fosil terbentuk selama jutaan tahun dari sisa-sisa organisme purba, sehingga semakin menipis seiring dengan tingginya penggunaan. Oleh karena itu, dengan semakin berkurangnya ketersediaan sumber energi dari bahan bakar fosil, muncul kebutuhan mendesak untuk mengembangkan inovasi. Inovasi ini harus dapat memenuhi kebutuhan energi yang ramah lingkungan melalui pemanfaatan energi alternatif (Arizona & Kurniadi, 2021; Kamaliah, *et al.*, 2020).

Salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan dan ramah lingkungan berasal dari pemanfaatan limbah organik (Salafa *et al.*, 2020).

Limbah organik akan menjadi permasalahan jika tidak dimanfaatkan dengan baik dan berpotensi mencemari lingkungan. Namun, limbah organik tersebut juga dapat memiliki nilai ekonomi yang positif karena memiliki potensi sebagai sumber energi alternatif. Sumber energi alternatif saat ini menjadi fokus utama dalam pembelajaran abad 21, yang menekankan pada pengembangan kompetensi, salah satunya kreativitas (Redhana, 2019).

Guru yang menyampaikan instruksi pada materi energi alternatif secara kreatif akan memberikan lingkungan yang baik dalam menumbuhkan kreativitas pada peserta didik. Namun, faktanya beberapa sekolah kurang peduli dengan kreativitas ilmiah peserta didik, sehingga menghambat perkembangannya (Tutwuri & Nuro, 2024). Banyak model pembelajaran yang tidak menganggap kreativitas sebagai prioritas dalam sistem pendidikan. Dengan demikian, anggapan bahwa sekolah menghambat kreativitas peserta didik dan guru telah mendapat perhatian serius dalam beberapa tahun terakhir.

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan di enam SMA di Provinsi Lampung sebanyak 131 peserta didik mengalami kesulitan dalam memecahkan masalah konsep energi alternatif. Beberapa faktor yang menjadi titik kesulitan belajar pada materi energi alternatif, yaitu guru tidak memperjelas konsep materi tersebut melalui kegiatan praktik (64,1%), keterbatasan alat dan bahan untuk melakukan praktik (71%), keterbatasan media pembelajaran (20,4%), kurangnya bahan literasi materi (16%), dan lainnya (3,1%). Selanjutnya, sebanyak 53,4% peserta didik mengungkapkan bahwa guru belum menggunakan LKPD sebagai panduan dalam proses pembelajaran. Peserta didik mengungkapkan bahan ajar yang digunakan hanya memuat materi dan latihan soal, belum memuat pemanfaatan limbah dari lingkungan sekitar yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif yang dapat melatih kreativitas ilmiah peserta didik.

Data hasil penelitian pendahuluan terhadap enam guru fisika SMA di Provinsi Lampung, mengungkapkan bahwa guru tidak memperjelas konsep materi energi alternatif melalui kegiatan praktik dikarenakan memiliki keterbatasan alat dan bahan (66,7%) dan belum pernah memanfaatkan limbah sebagai bahan praktik (83,3%). Guru belum menggunakan LKPD dalam proses pembelajaran, sebagian besar guru (83,3%) menggunakan e-modul yang bersumber dari internet karena kemudahan distribusi dan akses, sedangkan praktik digantikan oleh video dan PPT karena ketiadaan alat. Berdasarkan hasil analisis dari angket penelitian pendahuluan secara umum dapat dikatakan tidak terdapat bahan ajar yang interaktif dan tidak dilaksanakannya kegiatan praktik dalam mengajarkan konsep energi alternatif untuk melatih keterampilan kreativitas ilmiah peserta didik.

Tingkat kreativitas ilmiah yang rendah pada peserta didik sering kali disebabkan oleh model pembelajaran yang tidak mendukung eksplorasi dan penemuan (Ade Bagus, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa model pembelajaran yang monoton dan berpusat pada guru masih mendominasi di kelas. Pembelajaran yang terfokus pada penjelasan materi oleh guru dan penyelesaian soal dapat menghambat kemampuan peserta didik untuk memiliki kreativitas (Harahap *et al.*, 2022). Selain itu, kurangnya kesempatan bagi peserta didik untuk melakukan eksperimen atau proyek mandiri juga turut menjadi faktor penghambat berkembangnya kreativitas ilmiah. Kreativitas ilmiah peserta didik dapat dilatihkan dengan menggunakan model pembelajaran yang tepat.

Salah satu model pembelajaran yang dapat melatih kreativitas ilmiah peserta didik dalam kurikulum merdeka yaitu dengan penerapan model pembelajaran berbasis proyek (PBP) (Pertiwi *et al.*, 2023). Model PBP memberikan peluang besar bagi peserta didik untuk terlibat dalam proyek-proyek yang mendorong peserta didik untuk mengeksplorasi,

bereksperimen, dan mengembangkan ide-ide kreatif. Peserta didik melalui PBP tidak hanya belajar tentang teori, tetapi juga menerapkannya secara langsung dalam konteks nyata, sehingga dapat meningkatkan kemampuan kognitif, keterampilan berkolaborasi dalam kelompok, motivasi belajar, dan kreativitas (Ayuningsih *et al.*, 2022). Model PBP juga bersifat inovatif yang menekankan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik (*student centered*) dan menempatkan guru sebagai motivator dan fasilitator. Hal ini memungkinkan peserta didik belajar mandiri dengan bimbingan guru. Selain itu, guru perlu memberikan panduan yang jelas dan mendukung selama proses PBP.

PBP dapat diintegrasikan dengan penggunaan Lembar Kerja Peserta didik (LKPD) sebagai panduan untuk memfasilitasi dan mengarahkan peserta didik dalam melatih kreativitas ilmiah (Dermawati *et al.*, 2019). Bahan ajar LKPD berfungsi untuk menumbuhkan partisipasi aktif peserta didik saat pembelajaran, yang mencakup keaktifan dalam mengikuti langkah-langkah pembelajaran dan memahami konsep (Kosasih, 2021). Penggunaan LKPD yang terintegrasi dengan model pembelajaran berbasis proyek dapat membantu peserta didik untuk lebih terfokus, terstruktur, dan terarah dalam melatih keterampilan kreativitas ilmiah pada pembelajaran energi alternatif.

Pembelajaran energi alternatif dengan LKPD berbasis proyek dapat memanfaatkan limbah yang dijadikan sebagai sumber energi alternatif, salah satunya yaitu limbah kulit singkong. Singkong menjadi salah satu komoditas pangan yang melimpah di Indonesia, dengan produktivitas tertinggi keempat di dunia, sehingga menghasilkan limbah kulit singkong dalam jumlah yang signifikan (Fatimah *et al.*, 2023). Berdasarkan data dari Bidang Tanaman Pangan Dinas Ketahanan Pangan dan Tanaman Pangan Hortikultura Provinsi Lampung, produksi singkong di Provinsi Lampung pada tahun 2024 diperkirakan mencapai 7,5 juta ton dari lahan seluas 254 ribu Hektare. Daerah sentra produksi singkong di Lampung yaitu

Kabupaten Tulang Bawang Barat yang telah memiliki pabrik pengolahan singkong menjadi tepung tapioka. Selama proses pengolahan singkong menjadi tapioka akan dihasilkan limbah kulit singkong sebesar 16% dari bobot singkong tersebut (Puri *et al.*, 2022). Potensi melimpah dari limbah kulit singkong ini harus dimanfaatkan secara maksimal.

Fakta dilapangan menunjukkan limbah kulit singkong belum dimanfaatkan secara maksimal, padahal sangat berpotensi sebagai salah satu sumber energi alternatif karena mengandung karbohidrat 16,72% yang dapat membentuk asam asetat (CH_3COOH) dan asam sianida (HCN) (Erviana *et al.*, 2020). Larutan asam tersebut sebagai salah satu elektrolit yang dapat menghasilkan arus listrik, sehingga sangat memungkinkan kulit singkong menghasilkan arus listrik. Berdasarkan sifat kelistrikan yang dikandung elektrolit dari kulit singkong tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif berupa biobaterai sebagai pengganti pasta batu baterai.

Baterai sebagai alat yang dapat menghasilkan listrik, sangat diperlukan dalam berbagai peralatan rumah tangga (Nurannisa *et al.*, 2021). Baterai terdiri dari dua komponen utama, yaitu elektroda dan elektrolit (Erviana *et al.*, 2020). Komponen baterai terdiri dari seng sebagai anoda, karbon sebagai katoda dan elektrolit yang digunakan berupa pasta yang dicampur dengan MnO_2 , serbuk karbon, dan NH_4Cl (Ristiono, 2021). Namun, baterai yang tersedia secara komersial sering mengandung logam berat seperti merkuri, timbal, kadmium, dan nikel yang dapat mencemari lingkungan jika tidak dibuang dengan benar.

Pencemaran lingkungan akibat bahan kimia berbahaya dalam baterai ini mendorong perlunya inovasi untuk mengurangi dampak negatifnya. Salah satunya dengan pengembangan biobaterai, yang menggunakan pasta baterai dari bahan alami yang ramah lingkungan dan bebas dari zat kimia berbahaya. Biobaterai tidak hanya lebih aman bagi lingkungan, tetapi juga memiliki harga yang relatif murah, menjadikannya alternatif yang menarik

untuk menggantikan pasta batu baterai kering buatan pabrik. Hal ini membuka peluang untuk mengolah limbah kulit singkong menjadi pasta biobaterai yang dapat menggantikan pasta batu baterai kering buatan pabrik sebagai sumber energi alternatif.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Supriyanto dkk. (2019), limbah kulit singkong dapat dijadikan elektrolit untuk biobaterai, menghasilkan tegangan maksimum sebesar 4.65 mV dan kuat arus maksimum yang bervariasi tergantung pada konfigurasi sel elektrolit, dengan hasil tertinggi mencapai 2.17 mV untuk konfigurasi 10 sel seri yang diparalel. Dengan daya yang dihasilkan, kulit singkong ini mampu menyalakan lampu LED 5 watt, meskipun durasi penyalannya terbatas karena arus yang dihasilkan relatif kecil. Sehingga biobaterai dari pengolahan limbah kulit singkong dapat menjadi energi alternatif untuk mengatasi masalah keterbatasan energi saat ini. Selain itu, pengolahan limbah kulit singkong menjadi biobaterai dapat dijadikan proyek dalam pembelajaran berbasis proyek yang didukung dengan penggunaan LKPD pada materi energi alternatif.

Penelitian pengembangan ini dilatarbelakangi penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nuryanti *et al.* (2022), yang memanfaatkan limbah kulit singkong untuk membuat biobaterai dan berhasil menghasilkan energi listrik. Namun, proyek tersebut belum diimplementasikan dalam pembelajaran di sekolah dan tidak memiliki media pendukung pembelajaran, melainkan hanya melakukan percobaan untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan dari pemanfaatan kulit singkong. Hal ini sejalan dengan penelitian Nomleni *et al.* (2024), yang menunjukkan bahwa penciptaan media pembelajaran seperti LKPD berbasis proyek sangat dibutuhkan dalam pembelajaran di sekolah. Hal ini disebabkan peserta didik dapat berperan aktif membangun pengetahuannya secara mandiri berdasarkan kegiatan yang dilakukan sesuai dengan petunjuk dan tujuan pembelajaran, sehingga pemahaman terhadap materi yang diajarkan meningkat. Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian dengan

judul “Pengembangan LKPD Berbasis Proyek Pengolahan Limbah Kulit Singkong untuk Melatihkan Keterampilan Kreativitas Ilmiah Peserta Didik”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana LKPD berbasis Proyek yang valid secara empiris dan *expert* untuk melatih kreativitas ilmiah peserta didik?
2. Bagaimana kepraktisan LKPD berbasis Proyek untuk melatih kreativitas ilmiah peserta didik?
3. Bagaimana keefektifan LKPD berbasis Proyek untuk melatih kreativitas ilmiah peserta didik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka tujuan penelitian ini sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan LKPD berbasis Proyek yang valid secara empiris dan *expert* untuk melatih kreativitas ilmiah peserta didik.
2. Mendeskripsikan kepraktisan LKPD berbasis Proyek untuk melatih kreativitas ilmiah peserta didik.
3. Mendeskripsikan keefektifan LKPD berbasis Proyek untuk melatih kreativitas ilmiah peserta didik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan prinsip-prinsip untuk melatih kreativitas ilmiah peserta didik melalui serangkaian kegiatan pemecahan masalah pada LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit singkong.

2. Manfaat Praktis

1) Bagi Guru

Manfaat penelitian ini bagi guru adalah untuk memberikan alternatif bahan ajar yang tepat berupa LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit singkong dalam membantu peserta didik melatih kreativitas ilmiah.

2) Bagi Peserta Didik

Manfaat penelitian ini bagi peserta didik adalah untuk mengembangkan kemampuan memecahkan masalah melalui kegiatan mendesain dan melaksanakan proyek, sehingga peserta didik terbuka terhadap masalah yang ada, dan memberikan wawasan bagi peserta didik bahwa masalah bisa menjadi alternatif yang mendatangkan manfaat bagi lingkungan.

3) Bagi Sekolah

Manfaat penelitian ini bagi sekolah yaitu melalui penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi dan sumbangan pemikiran dalam upaya meningkatkan mutu pendidikan khususnya fisika di sekolah.

4) Bagi Masyarakat

Manfaat penelitian ini bagi masyarakat yaitu melalui penelitian ini diharapkan masyarakat dapat memperoleh wawasan mengenai pentingnya pengolahan limbah dan peran dalam mendukung upaya pencapaian tujuan pembangunan yang berkelanjutan (*Sustainable Develop Goals/SDGs*).

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah desain penelitian pengembangan 4D (*Define, Desain, Develop, Disseminate*) Thiagarajan (1974).
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 menindaklanjuti proyek.
3. LKPD dikembangkan dengan tujuan untuk melatih kreativitas ilmiah peserta didik. Kreativitas ilmiah yang digunakan pada penelitian ini menggunakan indikator menurut Park (2012) yang terdiri dari *suggesting scientific inquiry problems, designing or improving scientific experiments creatively, combining things to invent something new, visualizing a scientific explanation, and applying experimental results to new situations*.
4. LKPD berbasis proyek yang dikembangkan dapat digunakan sebagai media pembelajaran pada materi energi alternatif Kurikulum Merdeka Fase E.
5. Kevalidan LKPD dinilai secara empiris melalui uji coba biobaterai dari pasta limbah kulit singkong dan secara *expert* oleh 3 *expert* yang terdiri dari dua dosen Pendidikan Fisika serta satu guru SMA melalui angket uji validitas.
6. Kepraktisan LKPD yang dimaksud pada penelitian pengembangan diukur melalui keterbacaan, respon peserta didik, dan uji persepsi guru.
7. Keefektifan LKPD yang dimaksud pada penelitian ini ditinjau pada hasil belajar kreativitas ilmiah peserta didik.
8. Pada tahap *disseminate* hasil penelitian akan dipublikasikan secara resmi melalui jurnal ilmiah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Belajar

Teori-teori belajar mendukung pengembangan LKPD berbasis proyek seperti teori belajar bermakna Ausubel dan teori belajar konstruktivisme. Berikut ini penjelasan terkait teori-teori belajar tersebut.

2.1.1 Teori Belajar Bermakna Ausubel

Teori pembelajaran bermakna yang dikemukakan oleh David Ausubel menekankan pentingnya pengetahuan yang sudah dimiliki peserta didik sebagai dasar untuk memahami informasi baru. Dalam pembelajaran bermakna, peserta didik harus menghubungkan pengetahuan yang disusun oleh peserta didik berdasarkan struktur kognitif yang dimiliki peserta didik, sehingga peserta didik mampu menghubungkan pengetahuan baru yang diperoleh dengan struktur kognitif yang telah dimiliki sebelumnya (Ausubel & Fitzgerald, 1961).

Teori Ausubel menekankan pada kebutuhan akan pengetahuan awal peserta didik agar pembelajaran bermakna baik. Selain itu, guru juga harus sadar pengetahuan peserta didik sebelumnya untuk memanfaatkan yang terbaik menggunakannya dalam praktik pengajaran. Ausubel mencoba membantu peserta didik mengasimilasi dan menampung informasi baru melalui pembelajaran proses. Proses ini harus dikembangkan oleh guru untuk mencapai tujuan tersebut memperkenalkan informasi baru (Educaci, *et al.*, 2010).

Menurut David Ausubel, para pelajar harus demikian aktif, dan guru harus memperkuat pembelajaran baru dengan menggarisbawahi, melengkapi kata-kata yang hilang, merestrukturisasi kalimat, atau dengan memberikan contoh tambahan. Jadi, Ausubel teori memiliki tiga persyaratan:

1. Pengetahuan awal yang relevan: Peserta didik membangun representasi pemahaman bahasa yang membantu mereka menghubungkan informasi baru. Peserta didik mampu menganalisis konsep-konsep yang dipelajari dalam berbagai tahap selama proses pemerolehan bahasa kedua dengan cara yang tidak sederhana.
2. Materi yang bermakna: Artinya, peserta didik membangun konsep dan proposisi penting yang harus relevan dengan ilmu yang ingin dipelajari.
3. Peserta didik harus memilih untuk belajar secara bermakna: Artinya, peserta didik harus secara sadar dan sengaja memilih untuk menghubungkan pengetahuan baru dengan pengetahuan yang telah dimiliki sebelumnya dengan cara yang tidak sederhana (Educaci, *et al.*, 2010).

Komponen penting yang mempengaruhi pembelajaran adalah sesuatu yang sudah diketahui peserta didik. Kebutuhan untuk menghubungkan ide atau pengetahuan baru dengan tujuan dalam struktur kognitif peserta didik untuk menjadikan pembelajaran bermakna. Teori Ausubel dalam belajar bermakna ada beberapa prinsip yang harus diperhatikan, yaitu:

1. *Advance Organizer*
Pengaturan awal membantu peserta didik pada materi yang akan dipelajari dan mengingatkannya materi sebelumnya yang dapat digunakan untuk membantu guru menanamkan konsep-konsep baru.
2. *Progressive differentiation*
Pengembangan konsep paling efektif bila pembelajaran bersifat umum dan inklusif konsep sebelum ide yang lebih rinci dan spesifik.
3. *Learn to superordinate*
Selama pengetahuan diasimilasikan dan dikaitkan dengan konsep-konsep dalam kognitif struktur (subsumsi), gagasan berkembang dan melalui

diferensiasi. Bila suatu konstruk sudah diketahui atau mengandung komponen-komponen yang baru, inklusif konsep, pembelajaran superordinat dapat terjadi.

4. *Integrative reconciliation*

Makna baru dibandingkan dan dikontraskan dengan definisi sebelumnya, dan konsep yang lebih tinggi menggunakan ide terkini itulah yang harus ditunjukkan oleh guru secara eksplisit (Lestari *et al.*, 2023).

Langkah-langkah dalam proses pembelajaran bermakna terbagi menjadi enam diantaranya sebagai berikut.

1. Guru harus menentukan tujuan dari proses pembelajaran.
2. Guru mengidentifikasi karakteristik peserta didik (kemampuan yang telah dimilikinya, gaya belajar, motivasi belajar, dan lain-lain).
3. Memilah dan memilih bahan ajar sesuai dengan karakteristik peserta didik dan menjadikannya dalam bentuk konsep pokok atau konsep inti.
4. Menentukan materi menjadi topik-topik dan menyajikan dalam bentuk *advance organizer* yang selanjutnya dipelajari oleh peserta didik.
5. Mempelajari konsep inti tersebut dan menerapkannya dalam bentuk konkrit.
6. Melakukan penilaian terhadap proses pembelajaran dan hasil belajar peserta didik (Tarmidzi, 2019).

Faktor pendukung pembelajaran bermakna diantaranya:

1. Memberikan pengalaman langsung kepada peserta didik sehingga peserta didik tidak hanya belajar dengan memperhatikan guru tetapi peserta didik juga mempraktikkan secara langsung apa yang diperoleh dalam pembelajaran sehingga peserta didik memiliki pengalaman.
2. Guru memiliki kemampuan pedagogik yang baik sehingga dapat menyampaikan materi pembelajaran dengan pembelajaran bermakna;
3. Sarana dan prasarana yang mendukung guru dapat melaksanakan pembelajaran bermakna bagi peserta didik.

Faktor penghambat penerapan teori pembelajaran bermakna Ausubel, terutama bagi peserta didik. Tidak semua peserta didik memiliki kemampuan dan semangat yang sama sehingga tidak semua peserta didik dapat aktif dalam belajar dan tidak semua peserta didik memiliki daya ingat yang sama. Itulah salah satu hal penting dalam memahami konsep materi lampau sehingga guru harus berusaha keras agar peserta didik mampu mengikuti pelajaran dengan baik (Hayati & Utomo, 2020).

Proses pembelajaran menggunakan bahan ajar yang dikembangkan berdasarkan teori belajar bermakna dapat meningkatkan sikap, keterampilan, dan pengetahuan peserta didik (Amineh & Asl, 2015). Berdasarkan teori yang telah dipaparkan, maka teori belajar bermakna Ausubel dijadikan acuan peneliti dalam mengembangkan bahan ajar LKPD berbasis proyek yang didalamnya harus memuat komponen untuk meningkatkan keterampilan, sikap, dan pengetahuan peserta didik secara efektif.

2.1.2 Teori Belajar Konstruktivisme Sosial

Konstruktivisme sosial adalah teori pembelajaran yang dikemukakan oleh Lev Vygotsky pada tahun 1968 (Roth, 2016). Menurut pandangan ini, bahasa dan budaya berperan sebagai alat bagi manusia untuk mengalami, berkomunikasi, dan memahami realitas. Vygotsky menyatakan bahwa bahasa dan budaya memengaruhi perkembangan intelektual dan cara seseorang memahami lingkungannya. Melalui bahasa, konsep-konsep pembelajaran ditafsirkan dan diserap dalam konteks pengalaman dan budaya. Pengetahuan dianggap sebagai hasil sosial yang dibangun bersama dalam komunitas yang berbagi bahasa dan budaya. Konstruktivisme sosial memandang pengetahuan sebagai hasil kerja sama antara peserta didik, guru, dan teman sebaya. Gaya pembelajaran ini mendorong kolaborasi baik dengan fasilitator maupun dengan sesama peserta didik (Mohammed *et al.*, 2020).

Konstruktivisme sosial juga dikenal sebagai pembelajaran kolaboratif karena didasarkan pada interaksi, diskusi, dan berbagi di antara peserta didik. Strategi pengajaran ini memungkinkan berbagai bentuk pengelompokan dan model interaktif. Ini dapat mencakup diskusi kelas penuh, diskusi kelompok kecil, atau peserta didik yang bekerja berpasangan dalam proyek atau tugas yang diberikan. Faktor utama yang mendasari teori ini adalah bahwa peserta didik bekerja dalam kelompok untuk berbagi ide, bertukar pikiran, mencari sebab dan akibat, jawaban atas masalah, atau sekadar menciptakan sesuatu yang baru guna menambah pengetahuan yang telah ada (Idaresit Akpan, *et al.*, 2020).

Vygotsky juga memperkenalkan istilah *zone of proximal develop* (ZPD) merupakan bagian dari gagasan konstruktivisme sosial. ZPD adalah konsep kunci dalam teori pembelajaran Vygotsky yang menggambarkan area di mana seorang peserta didik dapat melakukan tugas dengan bantuan orang lain, tetapi tidak dapat melakukannya secara mandiri. Konsep ini menekankan bahwa pembelajaran terjadi dalam konteks sosial dan budaya, di mana interaksi dengan orang dewasa atau teman sebaya sangat penting untuk perkembangan kognitif peserta didik (Lasmawan & Budiarta, 2020). Vygotsky berargumen bahwa melalui kolaborasi dan dukungan, peserta didik dapat mengatasi tantangan yang berada di luar kemampuan saat ini, sehingga memperluas kapasitas belajar (Afiati & Sartika, 2020). Dalam praktiknya, penerapan ZPD dalam pendidikan melibatkan penggunaan *scaffolding*, yaitu strategi yang memberikan dukungan sementara kepada peserta didik saat belajar. Dengan cara ini, peserta didik dapat secara bertahap mengambil alih tanggung jawab atas pembelajaran sendiri, yang pada gilirannya membantu bergerak dari zona potensial ke zona aktual dalam perkembangan (Payong, 2020).

Konstruktivisme sosial mendorong peserta didik untuk berperan aktif dalam proses pembelajaran, berpartisipasi dan berinteraksi dengan instruktur serta

sesama peserta didik (Knapp, 2019). Konstruktivisme sosial juga mengembangkan inisiatif, ide-ide, dan menghindari pembelajaran pasif atau hafalan. Pendekatan ini meningkatkan rasa ingin tahu, pemikiran kritis, serta keterampilan memecahkan masalah, dan mendukung pembelajaran individual serta kolaboratif. Dengan berinteraksi dalam kelompok, terbangun rasa persahabatan yang memperkuat pengalaman belajar. Guru yang menerapkan pendekatan berbasis aktivitas dapat mendorong kepercayaan diri peserta didik dalam kemampuan untuk mempelajari hal-hal baru. Selain itu, konstruktivisme sosial membantu membangun memori episodik, yang mendukung retensi informasi dan pembelajaran yang lebih efektif.

Adapun karakteristik konstruktivisme sosial sebagai berikut.

1. Pembelajar membangun pengetahuan

Peserta didik membangun pengetahuan dengan mengaitkan konsep baru dengan pengetahuan sebelumnya. Seperti yang dikatakan Dewey, pendidikan adalah proses aktif yang melibatkan penalaran dan penilaian, bukan sekadar menerima informasi secara pasif.

2. Pengetahuan diperoleh melalui pengalaman

Pendidik menyampaikan pengetahuan teoritis, sementara peserta didik memperoleh pengetahuan dari pengalaman hidup. Pengalaman sebelumnya digunakan untuk memperkaya pembelajaran akademis dan memahami konsep. Saat mengajarkan topik seperti polusi, pendidik dapat menggunakan contoh pengalaman pribadi untuk menjelaskan dampak dan penyebabnya, misalnya, bagaimana polusi udara mempengaruhi kesehatan.

3. Belajar adalah suatu kegiatan sosial

Hubungan sosial, interpersonal, dan komunikasi dengan anggota masyarakat mendukung pembelajaran. Budaya, bahasa, norma, dan kepercayaan sosial berperan penting dalam proses ini. Pembelajaran adalah aktivitas sosial yang melibatkan interaksi aktif dengan masyarakat. Mengetahui berbagai bidang dan objek sulit dilakukan jika

seseorang terisolasi. Dukungan emosional dan sosial dari masyarakat membantu pembelajar menghadapi tantangan dan mengelola proses belajar.

4. Semua bagian dari pembelajar saling berhubungan

Interaksi sosial penting dalam memperoleh pengetahuan, tetapi sikap, emosi, nilai, dan perilaku juga esensial dalam konstruktivisme sosial. Tindakan manusia terkait dengan pengetahuan, kesenangan, etika, dan estetika. Di lembaga pendidikan, peserta didik memerlukan berbagai peluang dan penguatan untuk mengembangkan cara hidup secara menyeluruh dan menerapkannya dalam pembelajaran akademis. Pengetahuan dan budaya populer saling terkait, keduanya memberikan wawasan dan instruksi yang memperkaya kehidupan seseorang.

5. Komunitas belajar yang inklusif dan adil.

Kebutuhan individu akan pengetahuan, informasi, dan kesadaran, serta pengakuan karakter sosial dalam pembelajaran, mendorong terciptanya komunitas pembelajaran yang inklusif dan adil. Dewey dan Piaget menekankan pentingnya inklusivitas dalam komunitas pembelajaran untuk membantu peserta didik mengembangkan rasa harga diri, serta ide, pikiran, konsepsi, dan sudut pandang. Lembaga harus menghormati keunikan masing-masing dan menyediakan dasar bagi individu untuk membangun realitas dari perspektif unik (Rannikmäe, *et al.*, 2016).

Konstruktivisme sosial menjadikan peran guru sangat penting sebagai pembimbing bagi peserta didik. Guru juga harus menggunakan model pengajaran yang mencakup pembelajaran yang berfokus pada peserta didik, pembelajaran yang bersifat kolaboratif sehingga mendorong interaksi sosial dan kerja kelompok untuk memecahkan masalah, serta setiap aktivitas peserta didik harus dibimbing oleh guru untuk membentuk konstruktivisme sosial (Idaresit Akpan, *et al.*, 2020).

Berdasarkan tiga model pengajaran yang perlu diterapkan oleh guru, teori ini sangat mendukung peserta didik yang memiliki pengalaman belajar

melalui interaksi sosial dalam kelompok. Aktivitas yang dilakukan peserta didik bersama lingkungan sosialnya dapat membantu proses kognitif. Oleh karena itu, teori konstruktivisme sosial digunakan oleh peneliti sebagai acuan dalam mengembangkan media pembelajaran berupa LKPD interaktif, di mana dalam pengembangannya disertakan kegiatan-kegiatan belajar kelompok.

2.2 Pembelajaran Berbasis Proyek (PBP)

Pembelajaran berbasis proyek merupakan bentuk pembelajaran yang berpusat pada peserta didik yang didasarkan pada tiga prinsip konstruktivis. Prinsip tersebut meliputi pembelajaran bersifat spesifik terhadap konteks, peserta didik terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran dan mencapai tujuan melalui interaksi sosial dan berbagi pengetahuan dan pemahaman (Cocco, 2006). Pembelajaran berbasis proyek dianggap sebagai jenis pembelajaran berbasis penyelidikan tertentu di mana konteks pembelajaran diberikan melalui pertanyaan dan masalah autentik dalam praktik dunia nyata yang mengarah pada pengalaman belajar yang bermakna (Al-Balushi & Al-Aamri, 2014; Wurdinger *et al.*, 2007).

Pembelajaran berbasis proyek (PBP) melibatkan enam tahap, yaitu orientasi, mengidentifikasi dan menentukan proyek, merencanakan proyek, melaksanakan proyek, mendokumentasikan dan pelaporan proyek, serta mengevaluasi dan menjalankan proyek (Colley, 2008). Sebagian besar proyek dilakukan di luar kelas, dan peserta didik diberikan LKPD sebagai panduan. Selama proses proyek, peserta didik berkonsultasi secara berkala dengan guru mengenai rencana, kemajuan, dan kendala proyek. Peran guru adalah untuk memfasilitasi, memberikan nasihat, membimbing, dan mengawasi peserta didik.

1. Orientasi

Tahap orientasi dilaksanakan di dalam kelas pada minggu pertama. Pada tahap ini, peserta didik menyimak penjelasan terkait tujuan pembelajaran proyek, pentingnya kolaborasi tim, berbagi informasi, isu-isu keamanan, serta kewajiban dan peran yang diharapkan. Peserta didik juga berdiskusi mengenai cara berkomunikasi satu sama lain dan bagaimana proses pembelajaran akan dinilai.

2. Mengidentifikasi dan menentukan proyek

Pada tahap mengidentifikasi dan menentukan proyek, peserta didik membaca uraian masalah dalam bentuk teks. Peserta didik diberikan tantangan berupa pertanyaan: "Apa yang akan dilakukan untuk menyelesaikan masalah ini?". Setelah itu, peserta didik mengidentifikasi masalah berdasarkan teks yang telah disajikan.

3. Merencanakan proyek

Tahap perencanaan proyek dilakukan di luar kelas. Berdasarkan pedoman dalam LKPD, peserta didik diminta mencari dan mempelajari informasi terkait masalah dari berbagai sumber, seperti buku, artikel, dan internet. Setelah itu, peserta didik melaporkan serta mendiskusikan hasilnya dengan guru. Peserta didik juga diberikan tugas untuk merumuskan masalah, menentukan tujuan proyek, mengidentifikasi pentingnya proyek, menyusun daftar rinci alat dan bahan, serta mendeskripsikan prosedur proyek. Setelah tugas tersebut diselesaikan, peserta didik mendiskusikannya kembali dengan guru, kemudian memperbaikinya sesuai arahan. Guru mendokumentasikan tugas ini sebagai artefak, yang merupakan hasil belajar PBP. Peserta didik juga menggambar desain proyek yang dilengkapi dengan deskripsi mengenai fungsi setiap komponen alat.

4. Melaksanakan proyek

Tahap pelaksanaan proyek dilakukan di luar kelas. Pada tahap ini, peserta didik menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan sesuai dengan rencana proyek yang telah disusun sebelumnya. Selanjutnya, peserta didik melakukan konstruksi proyek, menghasilkan produk.

5. Mendokumentasikan dan pelaporan proyek

Tahap dokumentasi dan pelaporan proyek terbagi menjadi dua bagian. Bagian pertama, peserta didik menyusun laporan proyek. Bagian kedua, peserta didik mempresentasikan hasil proyek di dalam kelas.

6. Evaluasi dan menindaklanjuti proyek

Tahap evaluasi dan menindaklanjuti proyek tidak dilakukan dalam proses pembelajaran, namun tetap menjadi bagian dari PBP. Pada tahap ini, peserta didik didorong untuk memperkenalkan produk hasil PBP kepada masyarakat, baik di lingkungan sekolah maupun di sekitar sekolah. Tahap-tahap PBP merupakan proses pembelajaran berbasis konstruktivisme sosial yang sangat kuat. Proses ini membuat pembelajaran lebih bermakna, terpadu, berbasis nilai, penuh tantangan, serta mendorong peserta didik untuk belajar secara aktif dan partisipatif (Colley, 2008).

Model PBP memiliki 7 karakteristik menurut Krauss & Boss (2013), dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Model Pembelajaran Berbasis Proyek

No.	Karakteristik
1.	Peserta didik menyelidiki ide-ide dan pertanyaan penting.
2.	Peserta didik mengikuti model penelusuran masalah sebagai kerangka pembelajaran.
3.	Peserta didik belajar sesuai dengan kebutuhan dan minat masing-masing.
4.	Peserta didik menghasilkan dan mempresentasikan produk secara mandiri, bukan hanya menerima informasi dari guru.
5.	Peserta didik menggunakan berpikir kreatif, kreativitas ilmiah, dan keterampilan informasi dalam proses pembelajaran.
6.	Peserta didik menghubungkan pembelajaran dengan dunia nyata dan isu-isu otentik.
7.	Peserta didik terlibat dalam pembelajaran yang fleksibel.

(Krauss & Boss, 2013).

PBP memiliki prinsip-prinsip umum sebagai berikut:

1. Peserta didik bekerja sama dalam kelompok dan berkolaborasi dalam kegiatan proyek. Peningkatan kemampuan kolaboratif peserta didik, ditandai dengan adanya kerja sama antar peserta didik dalam kelompok atau berpasangan.

2. Masalah dunia nyata yang memengaruhi kehidupan peserta didik disajikan untuk diselidiki. Pembelajaran dirancang untuk membantu peserta didik mengembangkan keterampilan berpikir, keterampilan memecahkan masalah, dan keterampilan intelektual. Peserta didik diberi kesempatan untuk berpikir dan berkreasi.
3. Peserta didik mendiskusikan temuannya dan berkonsultasi dengan guru untuk mendapatkan bimbingan, masukan, dan umpan balik.
4. Produksi dan pameran artefak, dimana peserta didik diharuskan membuat suatu produk tertentu berupa karya nyata atau pemodelan yang kemudian dipertunjukkan kepada temanteman lainnya.
5. Tingkat kematangan keterampilan peserta didik menentukan derajat bimbingan yang diberikan guru.
6. Produk akhir yang dihasilkan dari PBL dapat dibagikan kepada masyarakat luas, sehingga menumbuhkan rasa kepemilikan dan tanggung jawab warga negara dalam mengatasi masalah dunia nyata (Chandrasekaran *et al.*, 2012).

Model PBP memiliki beberapa keuntungan dalam pengajaran dan pembelajaran diantaranya;

1. Meningkatkan motivasi belajar peserta didik,
2. Meningkatkan prestasi akademik peserta didik,
3. Meningkatkan kemampuan kerjasama/kolaborasi,
4. Meningkatkan kemampuan berkomunikasi,
5. Meningkatkan keterampilan mahasiswa/peserta didik dalam mengelola sumber belajar (meningkatkan keterampilan riset kepustakaan),
6. Menciptakan pembelajaran yang menyenangkan,
7. Meningkatkan sikap peserta didik terhadap pembelajaran,
8. Meningkatkan kreativitas peserta didik,
9. Menurunkan tingkat kecemasan peserta didik dalam proses pembelajaran,
10. Meningkatkan kemampuan pemecahan masalah,
11. Meningkatkan keterampilan manajemen sumber daya (Wainwright, 2018).

Adapun kelemahan model PBP sebagai berikut.

1. PBP membutuhkan banyak waktu yang harus disediakan untuk menyelesaikan masalah yang kompleks
2. Banyak orang tua peserta didik yang merasa dirugikan, karena menambah biaya masuk sistem baru.
3. Banyak instruktur atau guru merasa nyaman dengan kelas tradisional, di mana instruktur atau guru memainkan peran utama di kelas. Ini adalah transisi yang sulit, terutama bagi instruktur atau guru yang memiliki sedikit atau tidak memiliki kendali atas teknologi
4. Menerapkan pembelajaran berbasis proyek di kelas mungkin menakutkan bagi beberapa guru berpengalaman dan akan lebih buruk lagi bagi pemula.
5. Jumlah peralatan yang harus disediakan sehingga permintaan listrik meningkat.
6. Hampir semua contoh pembelajaran berbasis proyek yang berhasil memanfaatkan keberhasilan pembelajaran kooperatif atau kolaboratif. Peserta didik yang memiliki kelemahan dalam eksperimen dan pengumpulan informasi akan mengalami kesulitan
7. Peserta didik yang tidak berpengalaman bekerja dalam kelompok mungkin mengalami kesulitan dalam negosiasi dan kompromi. Jika model ini belum pernah digunakan sebelumnya, mungkin perlu untuk mengajarkan peserta didik cara berinteraksi dalam kelompok dan mengelola konflik dalam kelompok. Ada kemungkinan peserta didik kurang aktif dalam kerja kelompok.
8. Ketika topik yang diberikan pada setiap kelompok berbeda, dikhawatirkan peserta didik tidak dapat memahami topik tersebut secara menyeluruh (Wainwright, 2018).

Berdasarkan permasalahan terkait kelemahan-kelemahan model PBP, maka untuk mengatasi kelemahan-kelemahan tersebut, seorang pendidik hendaknya mampu mengatasinya dengan cara memfasilitasi peserta didik dalam menghadapi permasalahan. Dalam hal ini pembelajaran proyek yang akan dilakukan peneliti, diintegrasikan ke dalam LKPD sebagai sarana atau

media pembelajaran yang memfasilitasi peserta didik dalam menunjang proses pembelajaran fisika.

2.3 Lembar Kerja Peserta didik (LKPD)

Lembar Kerja Peserta didik (LKPD) merupakan bahan ajar cetak yang berisikan panduan dapat digunakan peserta didik untuk mengembangkan kemampuan (Putri & Ranu, 2019). LKPD merupakan salah satu jenis bahan ajar yang dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam proses belajar mengajar (Lase *et al.*, 2022). LKPD memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk bereksperimen dengan berbagai topik, membantu mendapatkan informasi, dan memberi kesempatan untuk bereksplorasi.

LKPD membantu peserta didik menjadi lebih aktif dalam pembelajaran (Nuralifah & Hidayah, 2021). Tujuan penggunaan LKPD adalah untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik, meningkatkan keterampilan peserta didik, dan membantu peserta didik menerapkan dan memadukan konsep yang dipelajari (Lusiana *et al.*, 2021). Pengembangan LKPD harus mencakup aktivitas yang meningkatkan keterampilan berpikir dan keaktifan peserta didik. Sehingga, pembelajaran menjadi bermakna dan materi pelajaran dapat dipahami secara utuh (Sari *et al.*, 2020).

Menurut Setiyowati *et al.* (2023) menyebutkan penyusunan LKPD harus memenuhi tiga syarat utama sebagai berikut.

1. Syarat didaktik menekankan bahwa LKPD harus mendukung proses belajar mengajar yang efektif. LKPD perlu memperhatikan perbedaan individu peserta didik, sehingga dapat digunakan oleh semua peserta didik, baik yang lamban, sedang, maupun pandai. Fokus utama LKPD adalah membantu peserta didik menemukan konsep-konsep melalui berbagai media dan kegiatan, serta mengembangkan kemampuan komunikasi sosial, emosional, moral, dan estetika.

2. Syarat konstruksi berkaitan dengan penggunaan bahasa yang sesuai dengan tingkat pemahaman peserta didik. Struktur kalimat harus jelas, dengan kosa kata yang tepat, serta dihindari pertanyaan yang terlalu terbuka. LKPD harus mudah dipahami oleh peserta didik, menyediakan cukup ruang untuk menulis atau menggambar, dan lebih banyak menggunakan ilustrasi daripada kata-kata. Selain itu, LKPD harus memiliki tujuan belajar yang jelas dan manfaat yang dapat memotivasi peserta didik.
3. Syarat teknis meliputi penggunaan tulisan yang mudah dibaca, ukuran huruf yang serasi dengan gambar, serta penampilan yang menarik dan seimbang antara teks dan gambar. Gambar dalam LKPD harus mampu menyampaikan pesan dengan efektif, dan keseluruhan tampilan tidak boleh membosankan atau terlalu penuh dengan teks.

LKPD menurut Prastowo (2015) memiliki 4 fungsi yaitu pertama sebagai bahan ajar yang meminimalkan peran pendidik, tetapi lebih mengaktifkan peserta didik. Sebagai bahan ajar yang mempermudah untuk memahami materi yang diberikan. Sebagai bahan ajar yang ringkas dan kaya tugas untuk berlatih. Memudahkan pelaksanaan pengajaran kepada peserta didik.

Adapun langkah-langkah dalam menyusun LKPD adalah sebagai berikut:

1. Melakukan Analisis Kurikulum
Analisis kurikulum adalah langkah pertama dalam penyusunan LKPD. Tujuan dari langkah ini adalah untuk menentukan materi mana yang membutuhkan bahan terbuka LKPD.
2. Menyusun peta kebutuhan LKPD
Peta kebutuhan LKPD sangat diperlukan untuk mengetahui jumlah yang harus ditulis serta melihat sekuensi atau urutannya. Langkah ini biasanya diawali dengan analisis kurikulum dan analisis sumber belajar.
3. Menentukan judul LKPD
Judul ditentukan dengan melihat hasil analisis capaian pembelajaran, materi-materi pokok, atau dari pengalaman belajar yang terdapat dalam

kurikulum. Satu capaian pembelajaran dapat dikembangkan menjadi sebuah judul LKPD apabila capaian pembelajaran tersebut tidak terlalu besar.

4. Penulisan LKPD

Dalam penulisan LKPD terdapat langkah-langkah yang harus diperhatikan, yaitu: merumuskan capaian pembelajaran, menentukan alat penilaian, menyusun materi, memperhatikan struktur LKPD.

Berdasarkan beberapa uraian di atas peneliti memilih bahan ajar berupa LKPD untuk menunjang pembelajaran fisika dan meningkatkan kemampuan peserta didik dalam keterampilan proses berpikir karena memberikan kesempatan peserta didik untuk mengeksplorasi kemampuannya dalam mengembangkan proses berpikir dalam memecahkan masalah, mencari ide sampai menganalisis.

2.4 Limbah Kulit Singkong

Kulit singkong merupakan salah satu limbah yang dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif (Widyastuti, 2019). Kulit singkong mengandung beberapa komponen yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen Kulit Singkong

Komposisi (1)	Kulit Singkong (2)
Air	7,9-10,32
Pati	44-59
Protein	1,5-3,7
Lemak	0,8-2,1
Abu	0,2-2,3
Serat	17,5-27,4
Ca	0,42-0,77
Mg	0,12-0,24
P	0,0-0,10
HCN (ppm)	18,0-309,4

(Richana, 2009).

Limbah kulit singkong dapat digunakan sebagai sumber listrik alternatif, karena mengandung asam sianida yang merupakan salah satu elektrolit yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan arus listrik (Irsan *et al.*, 2017). Selain itu, kulit singkong dapat berfungsi sebagai elektrolit di biobaterai. Ketika dikombinasikan dengan elektroda yang terbuat dari logam yang berbeda, seperti seng dan tembaga, kulit singkong memfasilitasi reaksi redoks, menghasilkan energi listrik. Proses ini mirip dengan sel galvanik, di mana reaksi kimia antara elektroda dan elektrolit menghasilkan tegangan dan arus (Nuryanti *et al.*, 2022).

Potensi limbah kulit singkong sebagai biobaterai juga berasal dari kandungan karbonnya yang tinggi, yaitu sekitar 59,31% . Karbon ini dapat diubah menjadi arang aktif, komponen penting dalam teknologi baterai. Arang aktif berfungsi sebagai pengganti sumber karbon dalam baterai, memberikan alternatif berkelanjutan yang dapat membantu mengurangi polusi lingkungan yang disebabkan oleh pembuangan limbah. Proses mengubah kulit singkong menjadi arang aktif melibatkan dehidrasi dan pirolisis, yang secara efektif menghilangkan kelembaban dan mengubah bahan organik menjadi arang kaya karbon (Suprabawati *et al.*, 2018).

Salah satu keuntungan utama menggunakan kulit singkong dalam biobaterai adalah ketersediaannya. Singkong banyak dibudidayakan di wilayah Indonesia, menyebabkan sejumlah besar limbah kulit yang dapat digunakan kembali untuk pembangkit energi. Ini tidak hanya mengurangi limbah tetapi juga mempromosikan penggunaan sumber daya terbarukan dalam produksi energi. Selain itu, limbah kulit singkong telah terbukti memiliki ketahanan perbedaan potensial yang lebih tinggi dibandingkan dengan limbah kulit buah lainnya, menjadikannya pilihan yang layak untuk pembangkit energi. Kombinasi ketersediaannya yang melimpah dan sifat listrik yang menguntungkan memposisikan limbah kulit singkong sebagai sumber energi alternatif yang menjanjikan dalam bentuk biobaterai (Fatimah *et al.*, 2023).

Berdasarkan uraian diatas, maka kulit singkong sebagai komponen biobaterai merupakan bagian dari upaya yang lebih luas untuk berinovasi di bidang energi alternatif. Dengan mengganti bahan kimia berbahaya yang ditemukan dalam baterai komersial dengan limbah alami, penelitian ini bertujuan untuk menciptakan solusi penyimpanan energi yang lebih aman dan lebih berkelanjutan.

2.5 *Alternative Electricity*

Alternative electricity merujuk pada sumber energi yang dapat digunakan sebagai pengganti atau pelengkap dari sumber energi konvensional, seperti bahan bakar fosil. Penggunaan *alternative electricity* menjadi semakin penting karena kebutuhan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan dampak lingkungan dari pembakaran bahan bakar fosil (Adnan Zufar Haqiqi, 2024). Selain itu, *alternative electricity* dapat membantu meningkatkan keberlanjutan dan ketahanan sistem energi global, mengingat banyak dari sumber energi alternatif dapat diperbarui dan tidak akan habis seiring waktu (Dermibas, 2005). Salah satu bentuk *alternative electricity* yang paling umum adalah energi alternatif, seperti pembangkit listrik tenaga surya, pembangkit listrik tenaga angin, biomassa, dan biobaterai (Jones & Leibowicz, 2022).

Alternative electricity dalam biobaterai mengacu pada pembangkitan energi listrik melalui bahan organik, khususnya menggunakan zat yang dapat terurai secara hayati sebagai pengganti baterai berbasis kimia (Fatimah *et al.*, 2023). Pendekatan inovatif ini bertujuan untuk menciptakan sumber energi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Biobaterai beroperasi dengan mengubah energi kimia yang tersimpan dalam bahan organik menjadi energi listrik. Limbah yang sering dibuang, digunakan kembali untuk berfungsi sebagai elektrolit dalam biobaterai (Asharo *et al.*, 2022). Ini tidak hanya membantu dalam pengelolaan limbah tetapi juga mengurangi ketergantungan pada bahan kimia berbahaya yang biasanya ditemukan dalam baterai komersial.

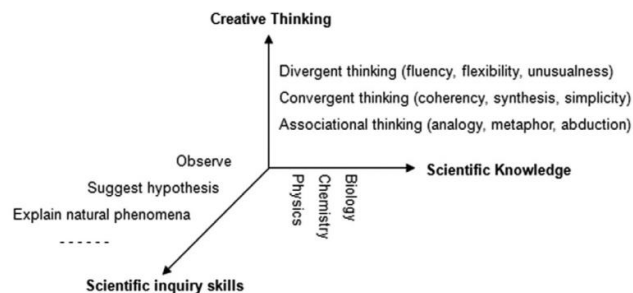
Salah satu keuntungan utama dari biobaterai adalah kemampuannya untuk menghasilkan energi dari sumber daya terbarukan. Hal ini menjadikan biobaterai pilihan yang layak bagi masyarakat yang ingin memanfaatkan sumber daya lokal untuk produksi energi. Dengan mengubah limbah menjadi biobaterai, masyarakat tidak hanya dapat mengurangi limbah tetapi juga menciptakan sumber energi berkelanjutan yang bermanfaat bagi lingkungan (Rauf, 2023).

Biobaterai memiliki potensi untuk berkontribusi pada kemandirian energi, terutama di daerah yang memiliki banyak limbah organik. Dengan memanfaatkan limbah organik lokal, masyarakat dapat menghasilkan listrik sendiri, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan sumber energi impor. Pergeseran ini tidak hanya mempromosikan produksi energi lokal tetapi juga meningkatkan keamanan energi, membuat masyarakat lebih tahan terhadap fluktuasi harga dan pasokan energi (Praswanto & Yohanes Setyawan, 2023). Dengan memanfaatkan berbagai sumber energi alternatif ini, peserta didik dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan menciptakan *alternative electricity* yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

2.6 Kreativitas Ilmiah

Kreativitas ilmiah adalah kreativitas pada domain tertentu yang penilaiannya harus mempertimbangkan pengetahuan ilmiah, keterampilan, dan kerangka ilmiah yang ada pada domain sains tersebut (Xu *et al.*, 2024). Kreativitas ilmiah meliputi 3 aspek yaitu keterampilan penyelidikan ilmiah (*scientific inquiry skill*), pengetahuan ilmiah (*scientific knowledge*) dan berpikir kreatif (*creative thinking*) (Park, 2004).

Setiap aspek kreativitas ilmiah memiliki komponen masing-masing seperti pada Gambar 1. (Park, 2012). Berpikir kreatif (*creative thinking*) meliputi *divergent thinking*, *convergent thinking*, *associational thinking*. Keterampilan penyelidikan ilmiah (*scientific inquiry skill*) meliputi *observation*, *suggest hypothesis*, dan *explain natural phenomena*. Pengetahuan ilmiah (*scientific knowledge*) meliputi *physics*, *chemistry*, *biology*.



Gambar 1. *Model of Scientific Creativity (MSC)*

(Park, 2012)

Berdasarkan pembahasan tiga aspek kreativitas ilmiah di atas, secara operasional dapat didefinisikan setiap aspek kreativitas ilmiah sebagai berikut:

1. Berpikir Kreatif (*Creative Thinking*)

1) *Divergen Thinking*

Fluency berarti jumlah ide atau produk. Setiap ide atau produk dapat dipertimbangkan, ntuk menilai kelancaran dalam kreativitas biasa.

Namun, dalam kreativitas ilmiah, harus memilih ide atau produk yang menggunakan atau menyertakan pengetahuan ilmiah yang dapat digunakan dalam penelitian ilmiah atau memiliki dasar pemikiran ilmiah yang valid.

Flexibility mengacu pada jumlah jenis produk atau konsep yang berbeda. Peserta didik harus mengusulkan dan membuat berbagai produk untuk melakukan ini. Standar kategori dapat ditentukan oleh Konsep sains dalam konteks ilmiah.

Unusualness berarti sebuah konsep atau produk yang berbeda dari yang biasa atau konvensional. Contoh pemikiran yang tidak biasa (*unsual thinking*) yaitu mengubah asumsi atau kondisi dasar, mengubah dasar struktur, mengasumsikan situasi imajiner, atau

mengubah hukum atau definisi. Namun, kreativitas ilmiah memerlukan landasan ilmiah.

2) *Convergent Thinking*

Syntesis adalah jumlah ide atau item yang terstruktur atau terorganisir, seperti jumlah konsep yang termasuk dalam peta konsep secara sintetis. Definisi ini berbeda dari *fluency*, yang berarti jumlah ide atau item yang terstruktur.

Coherence berarti sebuah ide atau produk baru tidak boleh dianggap kreatif dalam sains jika tidak memiliki dasar ilmiah, tidak logis, atau bertentangan dengan prinsip atau hukum ilmiah dasar.

Simplicity adalah penyederhanaan melalui keteraturan. Menemukan keteraturan dalam data yang kompleks, membuat tabel atau grafik, menemukan model atau representasi figural, atau menyarankan nama, simbol, atau representasi matematis baru yang sesuai kesederhanaan dalam konteks ilmiah

3) *Associational Thinking*

Similarity based reasoning artinya adalah bahwa ada hubungan antara ide atau produk tertentu dan produk lain berdasarkan karakteristik yang dimiliki. Sifat-sifat yang tampak seperti bentuk atau warna, karakteristik internal seperti kerapatan atau konduktivitas listrik, atau pengetahuan ilmiah yang melekat pada konsep atau produk, seperti "ada konversi energi" atau "berbunyi tinggi ketika massa meningkat", dapat memiliki kemiripan.

Linking without similarity merupakan kombinasi atau koneksi antara ide atau produk dan yang lain meskipun tidak ada kesamaan yang nyata di antara keduanya.

4) Peran pengetahuan ilmiah (*scientific knowledge*) dan penyelidikan ilmiah (*scientific inquiry*) dalam Kreativitas Ilmiah (*scientific creativity*)

Peran pengetahuan ilmiah (*scientific knowledge*) dalam kreativitas ilmiah yaitu karena memiliki dasar pengetahuan ilmiah (*scientific knowledge*) yang dapat diandalkan dan didukung bukti. Oleh karena itu, meskipun

dasar pengetahuan ilmiah sangat penting untuk pembentukan konsep, setiap ilmuwan harus kembali ke kondisi pikirannya sebelumnya. Selain itu, untuk memahami kapan berpikir kreatif (*creative thinking*) diperlukan dalam proses penyelidikan ilmiah (*scientific inquiry*), peserta didik harus memahami proses terperinci dari prosedur penelitian yang sebenarnya. Ini menunjukkan bahwa kreativitas ilmiah harus dimasukkan ke dalam proses penyelidikan ilmiah pada titik tertentu. Misalnya, kreativitas ilmiah dapat menghasilkan penemuan keteraturan atau fitur tersembunyi baru saat memperoleh dan menafsirkan data. Atau, saat merancang eksperimen untuk menguji hipotesis ilmiah, ilmuwan dapat menemukan cara baru untuk mendapatkan data penting (Park, 2012).

Berdasarkan model kreativitas ilmiah tersebut, telah dikembangkan berbagai jenis kegiatan kreativitas ilmiah yang dapat dilakukan peserta didik yaitu:

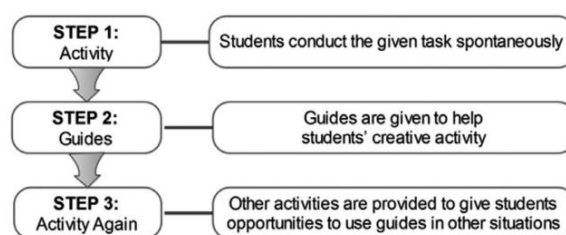
Tabel 3. *Examples of scientific creativity activities*

<i>Type</i>	<i>Sub-Type</i>
<i>I. Thinking creatively in scientific context</i>	<i>I-1. Inventing various alternatif scientific usages</i> <i>I-2. Making prediction scientifically in unusual situations</i> <i>I-3. Playing the game of 'if... then...' in scientific contexts</i> <i>I-6. Drawing a scientific concept map/mind map creatively</i> ... <i>I-8. Combining things to invent something new</i> <i>I-9. Making a story using scientific figures, data, or situations</i> ... <i>I-12. Suggesting a scientific analogy creatively</i> <i>I-13. Representing scientific phenomena in the form of a proverb</i>
<i>II. Conducting scientific inquiry creatively</i>	<i>II-1. Making scientific observations creatively</i> <i>II-2. Finding new observations by changing conditions</i> ... <i>II-5. Suggesting scientific inquiry problems</i> <i>II-6. Suggesting scientific hypotheses creatively</i> <i>II-7. Designing or improving scientific experiments creatively</i> ...

<i>III.</i> <i>Understanding and applying scientific concepts creatively</i>	<i>III-1. Visualizing a scientific explanation</i> ... <i>III-4. Naming or suggesting signs for new scientific ideas or products</i> <i>III-5. Changing the conventional definitions of scientific concepts</i> ... <i>III-8. Solving science problems in various ways</i> ... <i>III-11. Applying experimental results to new situations</i> ...
---	--

(Park, 2012)

Untuk model pengajaran kreativitas ilmiah, model pengajaran AGA² (Gambar 2) dapat diterapkan untuk mengembangkan bahan ajar dan pembelajaran yang konkret bagi peserta didik



Gambar 2. AGA² Model For Scientific Creativity Activity
(Park, 2012)

Pada tahap pertama, tugas diberikan kepada peserta didik untuk diselesaikan. Pada tahap ini, tidak ada aturan tentang cara berpikir kreatif. Oleh karena itu, tingkat kreativitas peserta didik dapat bervariasi seperti beberapa peserta didik mungkin sangat kreatif saat menyelesaikan tugas, yang lain mungkin melakukannya dengan cara konvensional, dan yang lain mungkin mengalami kesulitan. Pada tahap kedua, guru memberikan panduan praktis tentang cara berpikir kreatif untuk menyelesaikan tugas. Panduan ini dapat dengan mudah disesuaikan dengan isi atau karakteristik tugas. Pada tahap ketiga, peserta didik menerapkan panduan yang diberikan pada tahap dua ke situasi baru (Park, 2012).

Berdasarkan indikator-indikator kreativitas ilmiah tersebut, maka indikator kreativitas ilmiah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *suggesting scientific inquiry problems, designing or improving scientific experiments creatively, combining things to invent something new, visualizing a scientific explanation, and applying experimental results to new situations.*

2.7 Hands On Activity

Hands on activity adalah suatu kegiatan yang dirancang untuk melibatkan peserta didik dalam proses penemuan informasi melalui bertanya, beraktivitas, mengumpulkan data, menganalisis, dan menarik kesimpulan secara mandiri (Kartono, 2010). Dalam kegiatan ini, peserta didik diberi kebebasan untuk mengembangkan pemikiran dan temuan, sehingga peserta didik dapat melakukannya secara mandiri, tanpa tekanan, dengan cara yang menyenangkan dan penuh motivasi.

Melalui aktivitas praktik langsung, peserta didik dapat memperoleh pengalaman langsung yang membantu membangun pemahaman yang lebih mendalam. Kegiatan ini memungkinkan pembelajaran secara bersamaan dalam ranah psikomotorik (keterampilan), kognitif (pengetahuan), dan afektif (sikap), yang umumnya dilakukan dengan memanfaatkan laboratorium atau sarana serupa. Selain itu, aktivitas praktik langsung juga meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam proses belajar, sehingga pemahaman yang diperoleh menjadi lebih bermakna dan tidak mudah terlupakan.

Pada penerapannya, *hands on activity* langsung memberikan peluang bagi pendidik untuk memanfaatkan bahan-bahan sederhana yang mudah diperoleh guna meningkatkan daya tarik pembelajaran di kelas serta menciptakan suasana belajar yang lebih interaktif. Menurut Holstermann *et al.* (2010), terdapat hubungan antara *hands on activity* dan minat belajar, di mana metode

ini berkontribusi terhadap peningkatan minat dan kreativitas ilmiah peserta didik.

Berdasarkan pemaparan di atas, *hands on activity* merupakan metode pembelajaran yang tekanan keterlibatan langsung peserta didik dalam memahami konsep melalui eksperimen. Metode ini termasuk dalam domain psikomotor karena melibatkan tindakan nyata dalam proses pembelajaran. Dalam penelitian ini, kegiatan praktik langsung diterapkan melalui pembuatan biobaterai dengan memanfaatkan limbah organik, sehingga *hands on activity* dapat melakukan penyelidikan langsung dan memahami prinsip kerja energi alternatif.

2.8 Penelitian Relevan

Penelitian yang relevan dengan penelitian yang akan diteliti adalah terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Penelitian Relevan

Nama Peneliti (1)	Nama Jurnal (2)	Judul Artikel (3)	Hasil Penelitian (4)
Safitri, Y. F., Melati, H. A., dan Lestari, I. (2020)	Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Khatulistiwa	Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis <i>Project Based Learning</i> Pada Materi Perubahan Fisika dan Kimia	Penelitian ini menghasilkan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis <i>Project Based Learning</i> (PjBL) pada materi perubahan fisika dan kimia di SMPN 2 Pontianak. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah model R&d (<i>Research and Develop</i>). LKPD yang dikembangkan bertujuan untuk melatih keterampilan peserta didik dalam kreativitas ilmiah dan menerapkan model ilmiah.

Tabel 4 (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
Harahap, S. A. N., Ramalis, T. R., dan Amsor. (2023)	<i>Prosiding Seminar Nasional Fisika</i>	Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Inkuiri Berorientasi Kreativitas Ilmiah pada Materi Elastisitas dan Hukum Hooke	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis inkuiri secara signifikan meningkatkan kreativitas ilmiah peserta didik. Penelitian ini menemukan bahwa peserta didik yang menggunakan LKPD tersebut menunjukkan kemampuan berpikir kreatif yang lebih tinggi dibandingkan dengan peserta didik di kelas kontrol yang tidak menggunakan perlakuan serupa. Selain itu, LKPD yang dikembangkan memberikan ruang bagi peserta didik untuk merancang dan melakukan penyelidikan ilmiah, yang merupakan komponen penting dalam proses kreatif. Respon positif dari peserta didik, dengan persentase 85,25%, menunjukkan bahwa LKPD ini efektif dalam merangsang kreativitas ilmiah dan pemahaman konsep fisika, khususnya dalam materi elastisitas dan hukum Hooke.
Ariana., Rasmawan., Sartika, Heirida, dan Erlina (2022)	<i>Jurnal Education and Develop</i>	Pengembangan LKPD berbasis Project Based Learning Pada Materi Pencemaran Air di SMP Pontianak	Hasil penelitian dalam jurnal ini menunjukkan pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis <i>Project Based Learning</i> (PjBL) pada materi Pencemaran Air di SMPN Pontianak menggunakan model pengembangan ADDIE. Penelitian ini menunjukkan bahwa LKPD ini efektif dalam mendukung proses pembelajaran yang

			lebih interaktif dan berbasis proyek
Nuryanti <i>et al.</i> , (2022)	<i>Rasayan Journal of Chemistry</i>	<i>Utilization O. F Cassava Peel (Manihot Esculenta) As Bio-Battery</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kulit singkong (<i>Manihot esculenta</i>) dapat dimanfaatkan sebagai biobaterai, dengan menghasilkan tegangan sebesar 0,563 V dan arus 0,014 mA. Penggunaan arang aktif dari kulit singkong dan jusnya mampu menghidupkan jam dinding selama 8 jam, menegaskan potensi kulit singkong sebagai sumber energi alternatif dan solusi untuk pengurangan limbah

Penelitian yang relevan di atas mendorong peneliti untuk mengembangkan sebuah LKPD dengan kriteria sebagai berikut: 1) LKPD yang dikembangkan berbasis aktivitas model pembelajaran proyek yang diadaptasi dari Colley (2008). 2) LKPD ini memuat media pendukung pembelajaran seperti video pembelajaran dalam kehidupan sehari-hari, gambar, animasi, dan latihan soal interaktif, serta dilengkapi dengan alat peraga energi alternatif. 3) LKPD ini dikembangkan dengan tujuan melatih keterampilan kreativitas ilmiah dengan indikator yang diadaptasi dari Park (2012). Berdasarkan penjelasan tersebut, peneliti mengembangkan sebuah LKPD dengan judul “Pengembangan LKPD berbasis Proyek Pengolahan Limbah Kulit Singkong untuk Melatihkan Keterampilan Kreativitas Ilmiah Peserta Didik”.

2.9 Kerangka Pemikiran

Media pembelajaran merupakan salah satu alat atau sarana pembelajaran yang digunakan untuk mendukung guru dalam kegiatan belajar mengajar di kelas, salah satunya adalah LKPD. Media pembelajaran LKPD yang dikembangkan menggunakan model pembelajaran berbasis proyek (PBP) pada materi energi alternatif. Tahapan-tahapan pada LKPD berbasis proyek ini terdiri dari enam

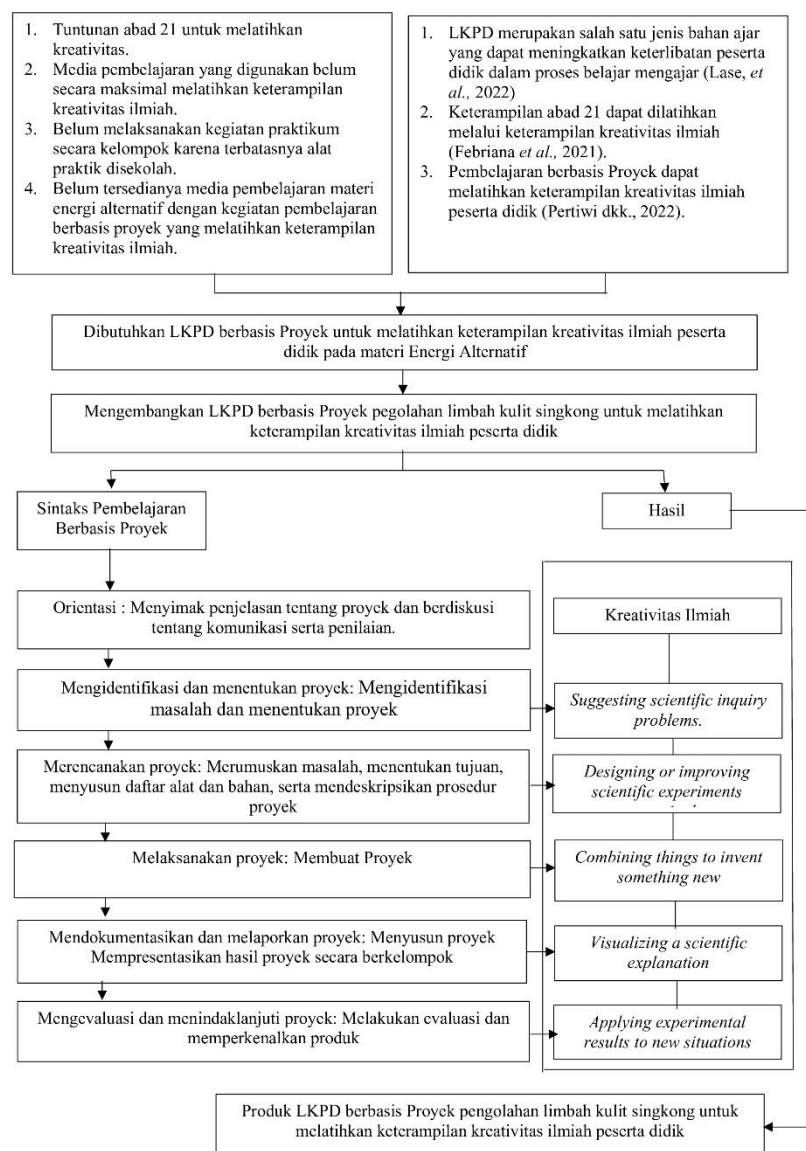
tahap, yaitu orientasi, mengidentifikasi dan menentukan proyek, merencanakan proyek, melaksanakan proyek, mendokumentasikan dan pelaporan proyek, serta mengevaluasi dan menjalankan proyek. Melalui tahapan-tahapan ini, keterampilan kreativitas ilmiah peserta didik dapat dilatihkan.

Pada kegiatan pertama, yaitu orientasi, peserta didik menyimak penjelasan terkait tujuan pembelajaran proyek, pentingnya kolaborasi tim, berbagi informasi, isu-isu keamanan, serta kewajiban dan peran yang diharapkan. Peserta didik juga berdiskusi mengenai cara berkomunikasi satu sama lain dan bagaimana proses pembelajaran akan dinilai. Kegiatan kedua, yaitu tahap mengidentifikasi dan menentukan proyek, dapat melatih keterampilan kreativitas ilmiah peserta didik pada aspek *suggesting scientific inquiry problems*. Aktivitas ini terlihat ketika peserta didik mengidentifikasi masalah dan menentukan proyek yang akan dibuat secara berkelompok.

Kegiatan ketiga, yaitu tahap merencanakan proyek, peserta didik mencari informasi terkait masalah, melaporkan hasilnya kepada guru, dan mendiskusikannya. Peserta didik juga merumuskan masalah, menentukan tujuan, menyusun daftar alat dan bahan, serta mendeskripsikan prosedur proyek. Pada tahap ini keterampilan kreativitas ilmiah pada aspek *designing or improving scientific experiments creatively* dapat dilatihkan. Kegiatan keempat, yaitu tahap melaksanakan proyek, peserta didik melakukan pembuatan proyek, yang pada tahap ini melatih keterampilan kreativitas ilmiah pada aspek *combining things to invent something new*. Kegiatan berikutnya, yaitu mendokumentasikan dan melaporkan proyek, peserta didik menyusun laporan proyek dan mempresentasikan hasil proyek secara berkelompok, sehingga pada tahap ini melatih keterampilan kreativitas ilmiah pada aspek *visualizing a scientific explanation*. Pada tahap terakhir, yaitu mengevaluasi dan menjalankan proyek, peserta didik memperkenalkan produk kepada warga di lingkungan sekolah dan sekitarnya, yang dapat

melatihkan keterampilan kreativitas ilmiah pada aspek *applying experimental results to new situations*.

Dengan demikian, setiap tahapan pada LKPD yang dikembangkan dengan aktivitas model pembelajaran proyek ini diduga dapat melatih keterampilan kreativitas ilmiah peserta didik, serta membantu peserta didik dalam memahami materi, khususnya pada materi energi alternatif. Secara singkat, kerangka pemikiran dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kerangka Pemikiran

III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian Pengembangan

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan media pembelajaran yaitu LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit singkong untuk melatih keterampilan kreativitas ilmiah. Penelitian pengembangan bertujuan untuk menghasilkan produk berupa LKPD berbasis proyek dan menguji keefektifan produk tersebut. Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini menggunakan model 4D (*Define, Design, Develop, and Disseminate*) yang diadaptasi dari Thiagarajan (1974).

3.2 Prosedur Pengembangan

Prosedur penelitian pengembangan ini mengacu pada langkah model pengembangan dikembangkan oleh Thiagarajan (1974). Berikut merupakan langkah-langkah pelaksanaan penelitian pengembangan yang dilakukan.

3.2.1 Tahap *Define*

Pada tahap *define* terdapat tiga langkah pokok, yaitu analisis *front-end*, analisis konsep, dan analisis tugas (Thiagarajan, 1974). Tujuan tahap ini adalah menetapkan dan mendefinisikan syarat-syarat mengembangkan media pembelajaran berbasis proyek pada materi energi alternatif.

3.2.1.1 Analisis *Front-End*

Analisis front-end dilakukan untuk menetapkan masalah dasar yang ditemukan dalam pengembangan LKPD serta untuk melatih keterampilan kreativitas ilmiah peserta didik. Dalam proses ini, peneliti melakukan analisis kebutuhan pengembangan LKPD kepada enam orang guru mata pelajaran fisika SMA di Provinsi Lampung sebagai bagian dari diagnosis awal untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran. Melalui analisis ini, diperoleh gambaran mengenai fakta, harapan, dan alternatif penyelesaian masalah dasar, yang selanjutnya memudahkan dalam penentuan atau pemilihan media pembelajaran yang dikembangkan.

3.2.1.2 Analisis Konsep

Analisis konsep bertujuan untuk mengidentifikasi, merinci, dan menyusun secara sistematis konsep-konsep yang relevan. Analisis ini merupakan dasar dalam merumuskan suatu tujuan pembelajaran. Analisis ini dilakukan berdasarkan capaian dan tujuan pembelajaran pada materi energi alternatif.

3.2.1.3 Analisis Tugas

Analisis tugas bertujuan untuk menganalisis tugas-tugas yang dilakukan oleh peserta didik selama ini. Berdasarkan data hasil analisis kebutuhan pengembangan LKPD, didapatkan informasi bahwa tugas-tugas yang selama ini diberikan belum dapat melatih keterampilan kreativitas ilmiah pada peserta didik, sehingga peneliti merasa perlu adanya pengembangan LKPD berbasis proyek yang di dalamnya mengangkat permasalahan nyata yang ada di lingkungan sekitarnya, yaitu limbah organik.

3.2.2 Tahap *Design*

Pada tahap *design* dilakukan perencanaan dan perancangan media dengan menentukan berbagai hal yang dibutuhkan selama proses pengembangan (Thiagarajan, 1974). Tahap *design* bertujuan menghasilkan sebuah rancangan awal pada produk media pembelajaran berupa LKPD berbasis proyek yang akan dibuat. Kegiatan yang dilakukan pada tahap *design* yaitu:

1. Penyusunan Kerangka LKPD

Kerangka LKPD terdapat desain tampilan dari bahan ajar yaitu:

1) Bagian Pembuka

Bagian ini terdiri dari sampul depan LKPD, prakata, capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran, serta petunjuk belajar.

2) Bagian isi LKPD

Bagian ini diisi dengan langkah kegiatan pembelajaran.

3) Bagian penutup

Bagian ini terdiri dari latihan soal dan daftar pustaka.

Perancangan sistematika LKPD ini sesuai dengan langkah-langkah pembelajaran proyek menurut Colley, (2008), yaitu:

Tahap 1: Orientasi

Tahap 2: Mengidentifikasi dan menentukan proyek

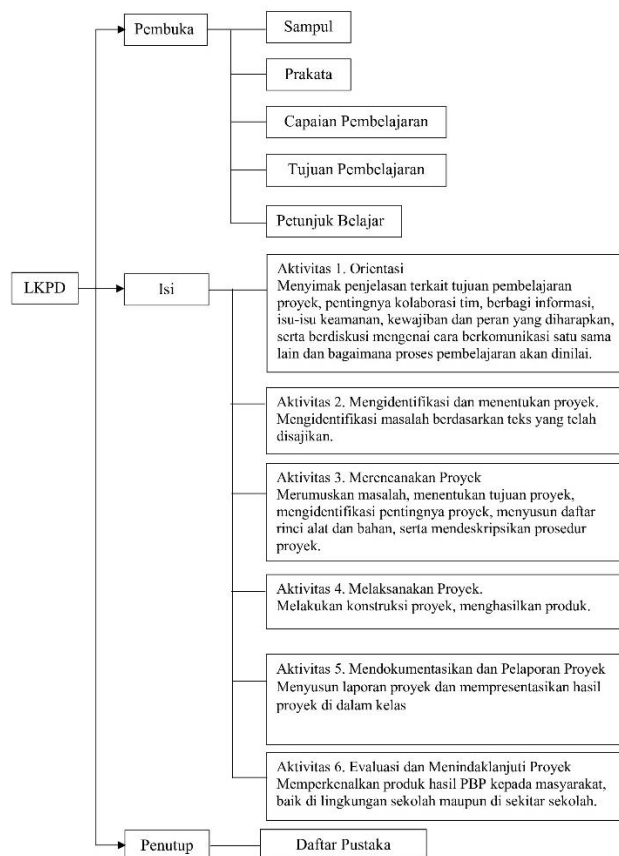
Tahap 3: Merencanakan proyek

Tahap 4: Melaksanakan proyek

Tahap 5: Mendokumentasikan dan pelaporan proyek

Tahap 6: Mengevaluasi dan menindaklanjuti proyek

Berikut ini merupakan rancangan produk LKPD.

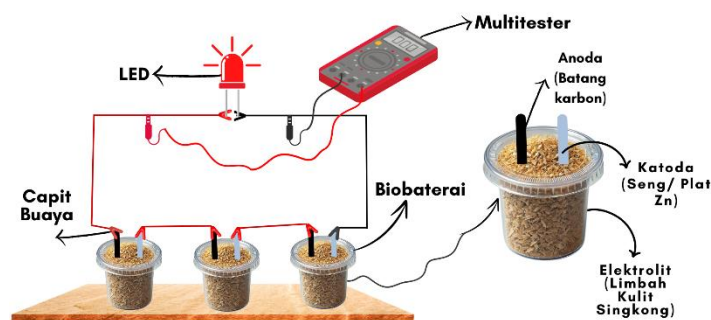


Gambar 4. Rancangan Desain Produk

2. Perancangan Biobaterai

Tahapan perancangan biobaterai dengan limbah kulit singkong sebagai elektrolit dapat dimulai dengan persiapan bahan dasar, yaitu limbah kulit singkong yang sering terbuang. Kulit singkong diolah menjadi pasta dengan cara menghaluskannya, yang akan berfungsi sebagai elektrolit alami. Langkah selanjutnya adalah merancang sel biobaterai dengan memilih bahan elektroda, seperti tembaga dan seng, yang dapat berinteraksi dengan pasta kulit singkong. Setelah komponen-komponen tersebut dirakit, biobaterai diuji untuk mengukur tegangan dan daya yang dihasilkan. Hasil pengujian kemudian dievaluasi untuk melihat efektivitas pasta kulit singkong dalam mendukung kinerja baterai. Pada tahap akhir, dilakukan refleksi untuk mengidentifikasi perbaikan desain atau metode yang dapat meningkatkan efisiensi biobaterai. Proses ini melatih kreativitas ilmiah peserta didik dalam memanfaatkan limbah organik dan mengembangkan teknologi yang ramah lingkungan.

Berikut ini merupakan rancangan biobaterai dari limbah kulit singkong.



Gambar 5. Rancangan Desain Biobaterai dari Limbah Kulit Singkong

3. Perancangan Instrumen

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah 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 masuk ke tahap pengembangan, peneliti terlebih dahulu melakukan evaluasi terhadap setiap tahapan penyusunan instrumen. Angket ini dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan penelitian dengan menambahkan aspek-aspek kontekstual yang relevan. Tidak hanya menggunakan angket untuk validator, peneliti juga menyusun angket untuk respon pendidik dan peserta didik. Angket tersebut berisi poin-poin yang disesuaikan agar mampu mengukur seberapa menarik dan efektif LKPD yang dikembangkan. Melalui instrumen ini, peneliti dapat memperoleh data mengenai validitas serta daya tarik LKPD dimata para pendidik dan peserta didik.

3.2.3 Tahap *Develop*

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 beberapa langkah sebagai berikut.

3.2.3.1 Validasi Empiris

Validasi empiris adalah pengujian produk pengembangan berupa biobaterai yang dilakukan melalui serangkaian pengujian praktis. Uji coba empiris biobaterai dari limbah kulit singkong dilakukan dengan cara mengekstraksi bahan aktif dari kulit singkong, yang mengandung zat seperti pati dan serat selulosa, kemudian digunakan sebagai elektrolit dalam sel galvani dengan dua elektroda (biasanya tembaga dan seng). Baterai ini diukur menggunakan multitester untuk melihat tegangan (V) dan arus (I) yang dihasilkan. Berdasarkan Hukum Ohm ($V = I \times R$), keberhasilan uji coba ini dapat dinilai jika baterai mampu menghasilkan tegangan dan arus yang stabil dan sesuai dengan resistansi (R) dari rangkaian, serta mampu menghasilkan energi listrik yang cukup untuk menyalakan perangkat kecil, seperti LED. Keberhasilan juga ditentukan oleh durasi daya tahan dan efisiensi konversi energi limbah kulit singkong menjadi listrik.

3.2.3.2 Validasi *Expert*

Penilaian dari validator atau para *expert* terhadap perangkat pembelajaran mencakup format, bahasa, ilustrasi, dan isi. Validasi bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan produk yang dikembangkan, dalam penelitian ini adalah LKPD berbasis proyek akan divalidasi oleh dua guru ahli materi dan satu dosen ahli media pembelajaran dari program studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Lampung. Validasi media pembelajaran ini dilakukan oleh guru ahli materi dan dosen ahli media pembelajaran terhadap konten yang ada didalam media pembelajaran yang dikembangkan oleh peneliti. Tujuan validasi ini adalah agar produk media pembelajaran yang

dikembangkan sudah sesuai dengan tujuan awal pengembangan. Sebelum tahap validasi dilakukan oleh validator, peneliti menyiapkan lembar penilaian angket testing lembar penilaian angket ini divalidasikan terlebih dahulu kepada *expert judgement* agar dapat mengukur aspek-aspek yang perlu dinilai dalam media pembelajaran yang dikembangkan oleh peneliti.

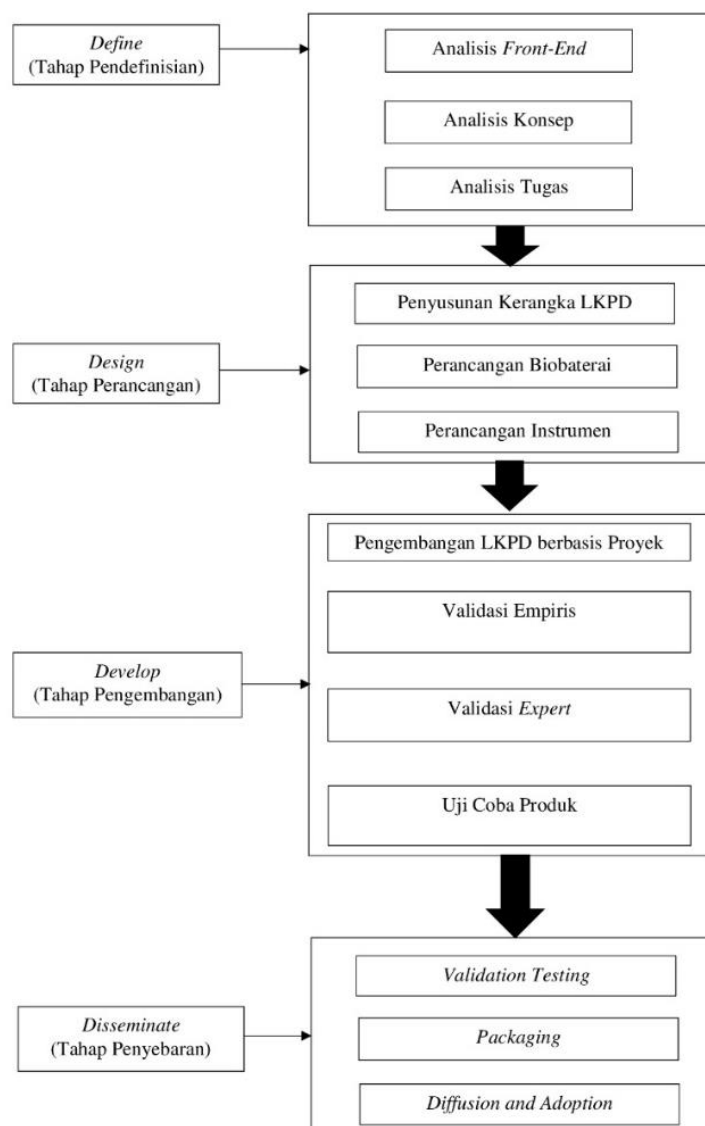
3.2.3.3 Uji Coba Produk

Uji coba produk ini bertujuan untuk mendapatkan umpan balik dari guru dan peserta didik mengenai LKPD yang dikembangkan. Guru diminta memberikan penilaian terhadap kesesuaian isi dan struktur LKPD melalui angket, sedangkan peserta didik diminta memberikan penilaian terhadap daya tarik LKPD. Uji coba dilakukan dengan melibatkan 15 peserta didik untuk mengisi LKPD yang telah disusun sesuai dengan indikator kreativitas ilmiah untuk mengukur terlatih atau tidaknya keterampilan kreativitas ilmiah peserta didik setelah menggunakan LKPD yang dikembangkan.

3.2.4 Tahap *Disseminate*

Tahap *disseminate* dalam pengembangan produk pembelajaran terdiri dari tiga tahapan utama. Pertama *validation testing*, pada tahap ini produk yang telah disempurnakan berdasarkan masukan *expert* diuji coba pada pengguna sebenarnya untuk mengukur efektivitasnya dalam mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Jika terdapat tujuan yang belum tercapai, maka perlu dilakukan perbaikan sebelum produk disebarluaskan lebih lanjut. Tahap kedua adalah *packaging*, yaitu proses pengemasan produk agar siap untuk disebarluaskan. Tahap ketiga adalah *diffusion and adoption*, di mana produk didistribusikan dan diadopsi oleh pengguna yang lebih luas.

Tahap ini akan dilakukan peneliti dengan cara penyebaran secara terbatas disebabkan keterbatasan-keterbatasan yang dimiliki peneliti. Peneliti menyebarkan produk akhir berupa LKPD berbasis proyek pada materi energi alternatif kelas X hanya pada salah satu SMA di Provinsi Lampung. Publikasi resmi dari hasil penelitian ini nantinya dapat diakses melalui jurnal yang akan diterbitkan oleh peneliti. Selengkapnya prosedur penelitian pengembangan ini dijelaskan pada diagram alur pada Gambar 6.



Gambar 6. Prosedur Pengembangan Produk

3.3 Instrumen Penelitian

3.3.1 Angket pada Tahap *Define*

3.3.1.1 Angket Respon Guru

Angket respon guru dirancang khusus untuk menggali informasi mengenai penggunaan LKPD dalam pembelajaran materi energi alternatif. Terdiri dari 15 pertanyaan dengan pilihan jawaban dan angket ini dilengkapi dengan kolom alasan untuk memberikan penjelasan yang lebih mendalam. Angket ini disajikan dalam *google form* yang kemudian diberikan kepada guru fisika kelas X melalui *WhatsApp*.

3.3.1.2 Angket Respon Peserta didik

Angket respon peserta didik dirancang khusus untuk mengetahui tingkat pemahaman peserta didik terhadap LKPD yang digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Terdiri dari 11 pertanyaan sederhana dengan pilihan jawaban dan angket ini dilengkapi dengan kolom alasan untuk memberikan penjelasan yang lebih mendalam. Angket ini kemudian disebarluaskan melalui grup *WhatsApp* kelas XI.

3.3.2 Instrumen pada Tahap *Develop*

3.3.2.1 Angket Uji Validasi *Expert*

Angket validasi *expert* dimaksudkan untuk menilai atau mengukur kelayakan LKPD yang dikembangkan, berkaitan dengan desain dan materi energi alternatif dengan pembelajaran berbasis proyek. Sebelum disebarkan, angket harus sudah divalidasi oleh dosen Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung. Angket diberikan kepada

expert yang sudah berpengalaman, yaitu ahli media, materi, dan bahasa. Hasil dari validasi ini menjadi acuan dalam perbaikan LKPD sehingga dapat memenuhi standar yang ditetapkan. Angket berbentuk semi tertutup yang berisi pernyataan dengan menggunakan skala *likert* yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011) pada Tabel 5.

Tabel 5. Skala Likert Pada Angket Uji Validasi Expert

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

(Ratumanan & Laurent, 2011).

3.3.2.2 Angket Uji Kepraktisan

Angket uji kepraktisan terdiri dari angket uji keterbacaan dan angket uji coba produk yang meliputi angket uji persepsi guru dan angket respon peserta didik. Penjelasan lebih lanjut sebagai berikut.

3.3.2.2.1 Angket Uji Keterbacaan

Uji keterbacaan dimaksudkan untuk mengetahui keterbacaan produk LKPD berbasis proyek yang akan dikembangkan oleh peneliti. Uji keterbacaan di uji menggunakan lembar observasi pengguna, yaitu peserta didik dan guru. Sistem penskoran menggunakan skala *likert* yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011), yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. 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).

3.3.2.2.2 Instrumen Uji Coba Produk

1. Angket Uji Persepsi Guru

Angket uji persepsi guru dimaksudkan untuk menilai aspek kesesuaian isi dengan tujuan pembelajaran dan kemenarikan LKPD yang meliputi aspek visual LKPD, yaitu pemilihan warna, tata letak, dan desain keseluruhan. Angket ini menggunakan pertanyaan yang sama dengan angket yang dipakai oleh *expert*. Selain itu, penskoran pada angket respon guru ini menggunakan skala *likert* yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011) seperti pada uji keterbacaan.

2. Angket Respon Peserta Didik

Angket respon peserta didik dimaksudkan untuk menilai kemenarikan tampilan LKPD. Angket ini juga menggunakan pertanyaan yang sama dengan angket yang dipakai oleh guru dan validator. Penskoran pada angket respon guru ini menggunakan skala *likert* yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011) seperti pada uji keterbacaan.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian pengembangan ini menggunakan angket. Penyebaran angket dilakukan pada tahap *define* yang dimaksudkan untuk mengetahui LKPD materi energi alternatif yang biasa digunakan guru dan peserta didik pada pembelajaran di sekolah. Pada penelitian ini, angket validasi *expert* dilakukan terhadap LKPD yang dikembangkan. Proses validasi dilakukan dengan menunjukan LKPD yang dikembangkan, lalu *expert* diminta untuk mengisi angket validasi.

Aspek kepraktisan LKPD yang dikembangkan diukur menggunakan angket uji keterbacaan, angket uji persepsi guru, dan peserta didik. Pada tahap ini, dilakukan uji coba produk secara terbatas dengan meminta respon beberapa guru dan peserta didik. Pengumpulan data dilakukan dengan menunjukan

LKPD yang dikembangkan, kemudian guru diberikan angket uji persepsi guru dan peserta didik dalam kelompok kecil diberikan angket uji keterbacaan, selain itu peserta didik yang telah mengerjakan diberikan angket respon peserta didik untuk diisi. Aspek keefektifan LKPD yang dikembangkan dikumpulkan data aspek indikator keterampilan kreativitas ilmiah yang termuat pada hasil jawaban peserta didik pada LKPD.

Secara keseluruhan, pengumpulan data yang komprehensif pada penelitian ini menggunakan angket. Dimulai dari tahap pengembangan, uji coba, hingga implementasi LKPD. Hal tersebut bertujuan untuk memperoleh informasi yang akurat terkait validitas, kepraktisan, dan keefektifan LKPD yang dikembangkan.

3.5 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode campuran (*mixed method*) yang diadaptasi oleh Creswell and Plano (2011), yaitu kualitatif dan kuantitatif.

3.5.1 Teknik Analisis Data Kevalidan

Analisis data kevalidan diperoleh dari angket uji ahli materi dan konstruksi serta angket uji ahli media dan desain yang diisi oleh validator. Kriteria kevalidan melalui uji validitas ahli, kemudian teknik analisis data menggunakan data hasil uji validitas ahli dihitung dengan rumus

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

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 7.

Tabel 7. 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 7, 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 dimaksudkan untuk mengetahui kepraktisan produk diperoleh berdasarkan pengisian angket uji keterbacaan (data kuantitatif). Hasil jawaban pada angket akan dianalisis menggunakan analisis persentase berdasarkan rumus menurut Sudjana (2005) sebagai berikut.

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

Data hasil pengisian angket uji keterbacaan dianalisis menggunakan analisis persentase yang diadaptasi oleh Arikunto (2011) seperti pada data untuk mengetahui kepraktisan produk.

Tabel 8. 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 8, peneliti memberi batasan bahwa produk yang dikembangkan terkategori praktis jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 40,1% dengan kriteria kepraktisan sedang atau cukup baik.

3.5.3 Teknik Analisis Data Uji Coba Produk

Adapun analisis data uji coba produk meliputi:

1. Data Uji Persepsi Guru

Data respon guru diperoleh dari angket uji persepsi yang diisi oleh guru, kemudian dianalisis menggunakan analisis persentase Sudjana (2005).

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

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

Tabel 9. 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 9, 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 atau cukup baik.

2. Data Respon Peserta Didik

Data respon diperoleh dari angket respon yang diisi oleh peserta didik, kemudian data respon tersebut dianalisis dengan menggunakan analisis persentase Sudjana (2005) sebagai berikut.

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

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

Tabel 10. 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 10, peneliti memberikan batasan bahwa produk LKPD yang dikembangkan terkategori baik untuk digunakan pada pembelajaran jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 40,1% dengan kriteria sedang atau cukup baik.

3.5.4 Teknik Analisis Data Keefektifan

Analisis data yang digunakan untuk mengetahui keefektifan produk dilakukan dengan melihat aspek indikator keterampilan kreativitas ilmiah yang termuat pada hasil jawaban peserta didik pada LKPD. Hasil penilaian analisis keterampilan kreativitas ilmiah dengan menggunakan rumus;

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

Keterangan; NP = Nilai yang dicari

$\sum$ = Jumlah indikator yang muncul

SM = Skor Maks Indikator

(Trianto, 2010)

Nilai persen yang diperoleh dikonversikan dengan kategori penilaian keterampilan kreativitas ilmiah. Kategori penilaian keterampilan kreativitas ilmiah dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Konversi Skor Kategori Penilaian Keterampilan Kreativitas Ilmiah

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 terbukti valid untuk melatih keterampilan kreativitas ilmiah peserta didik. LKPD ini disusun sesuai dengan tahapan pembelajaran berbasis proyek (PBP) yaitu mengidentifikasi dan menentukan proyek, merencanakan proyek, melaksanakan proyek, mendokumentasikan dan melaporkan proyek, serta mengevaluasi dan menindaklanjuti proyek. Kelayakan LKPD dinilai dari dua aspek utama, yaitu media dan desain serta materi dan konstruksi. Hasil validasi oleh tiga validator menunjukkan rata-rata skor sebesar 3,56, dengan rincian validasi media dan desain sebesar 3,43, serta validasi materi dan konstruksi sebesar 3,68. Berdasarkan hasil tersebut, LKPD berbasis proyek dikategorikan sangat valid.
2. LKPD berbasis proyek sangat praktis digunakan dalam melatih keterampilan kreativitas ilmiah peserta didik, khususnya dalam pembelajaran fisika pada materi Energi Alternatif. Kepraktisan ini dibuktikan melalui uji keterbacaan, respon peserta didik, dan persepsi guru terhadap penggunaan LKPD. Hasilnya menunjukkan bahwa rata-rata uji keterbacaan mencapai 86,66%, rata-rata respon peserta didik sebesar 85,57%, dan rata-rata persepsi guru mencapai 93,12%, sehingga secara keseluruhan masuk dalam kategori sangat praktis.
3. LKPD berbasis proyek yang dikembangkan terbukti efektif untuk melatih keterampilan kreativitas ilmiah peserta didik. Dengan rata-rata

persentase ketercapaian sebesar 85,96% dari 15 peserta didik yang dianalisis, sehingga LKPD ini mampu mendukung pengembangan kreativitas ilmiah secara optimal.

4. Tahap keempat dalam model 4D, yaitu *disseminate*, akan dilaksanakan melalui publikasi hasil pengembangan dalam jurnal ilmiah. Publikasi ini bertujuan untuk menyebarluaskan LKPD yang telah dikembangkan agar dapat dimanfaatkan oleh masyarakat secara lebih luas serta menjadi bagian dari kontribusi ilmiah yang terdokumentasi dengan baik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa LKPD berbasis proyek dapat menjadi strategi yang valid, praktis, dan efektif dalam melatih keterampilan kreativitas ilmiah peserta didik dalam pembelajaran fisika.

5.2 Saran

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

1. Penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi peneliti lain dalam pengembangan bahan ajar pada pembelajaran fisika, khususnya dalam melatih keterampilan kreativitas ilmiah.
2. Guru yang menggunakan LKPD berbasis proyek pada materi Energi Alternatif disarankan untuk merencanakan alokasi waktu secara optimal, mengingat LKPD yang dikembangkan berdasarkan kegiatan praktikum.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., & Masthura, M. (2021). Pemanfaatan Sari Nenas Sebagai Sumber Energi Alternatif Pembuatan Bio-Baterai. *Circuit: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 5(1), 51.
- Afiati, E., & Sartika, N. A. (2020). Pengaruh Pelatihan Berbasis Teori Vygotsky Terhadap Kompetensi Guru Sebagai Pembimbing. *Indonesia Journal of Learning Education and Counseling*, 2(2), 193–203.
- Akpan, V. I., Igwe, U. A., Mpamah, I. B. I., & Okoro, C. O. (2020). Social Constructivism: Implications on Teaching and Learning. *British Journal of Education*, 8(8), 49–56.
- Al-Balushi, S. M., & Al-Aamri, S. S. (2014). The Effect of Environmental Science Projects on Students Environmental Knowledge and Science Attitudes. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 23(3), 213–227.
- Amineh, R. J., & Asl, H. D. (2015). Review of Constructivism and Social Constructivism. *Journal of Social Sciences, Literature, and Languages*, 1(1), 9–16.
- Ariana, R. M., Rasmawan, R., Sartika, R. P., Hairida, & Erlina. (2022). Pengembangan LKPD Berbasis Project Based Learning pada Materi Pencemaran Air di SMP Pontianak. *Jurnal Education and Development*, 10(2), 259–268.
- Arikunto, S. (2011). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Bumi Aksara. 376 hlm.
- Arizona, R., & Kurniadi, S. (2021). Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Kelistrikan yang Dihasilkan Oleh Ekstrak Buah Belimbing Wuluh (Averrhoa Bilimbi) Sebagai Solusi Energi Alternatif Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 22-26.
- Asharo, R. K., Khaleyla, F., Rahmadi, C. T., & Putri, A. K. (2022). Pengolahan Limbah Kulit Pisang Menjadi Biobaterai Sebagai Energi Alternatif Ramah

- Lingkungan Warga Sidotopo Wetan, Surabaya. *Diseminasi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 122–132.
- Ausubel, D. P., & Fitzgerald, D. (2014). Meaningful Learning and Retention: Intrapersonal Cognitive Variables. *American Education Research*, 31(05), 500-510.
- Ayub, S., Wahyudi, W., & Handayani, E. P. (2022). Penguasaan Konsep Rangkaian Seri dan Paralel melalui Penggunaan Kit Listrik SEQIP di SD Negeri 6 Mataram. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 3(2), 6–10.
- Ayuningsih, F., Malikah, 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.
- Chandrasekaran, S., Stojcevski, A., Littlefair, G., & Joordens, M. (2012). Learning Through Projects in Engineering Education. *Proceedings of the 40th SEFI Annual Conference 2012 - Engineering Education 2020: Meet the Future, September*. 126-133.
- Cocco, S. (2006). *Student Leadership Development: The Contribution of Project-Based Learning*. Victoria: Royal Roads University. 94 pages.
- Colley, K. (2008). Project-based science instruction: A primer. *The Science Teacher*, 75(8), 23–28.
- Dermawati, N., Suprpta, & Muzakkir. (2019). Pengembangan lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 74–78.
- Dewi, S., Suwarna, I. P., & Suryadi, A. (2024). The Effect of Creative Problem-Solving Model to Enhance Scientific Creativity: Study in Static Fluid Physics Learning. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 12(1), 21-35.
- Erviana, Y., Supriyanto, A., Suciayati, S. W., & Pauzi, G. A. (2020). Analisis Karakteristik Elektrik Onggok Singkong Fermentasi yang Diawetkan sebagai Pasta Bio-Baterai. *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, 1(1), 27–32.
- Ervina, & Agni Muftianti. (2024). Penggunaan Metode Eksperimen Untuk Mengukur Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas IV Tentang Pokok Bahasan Energi Panas. *COLLASE (Creative of Learning Students Elementary Education)*, 7(2), 374–381.
- Fatimah, S. I., Astutik, S., & Supeno. (2019). Pengaruh LKS Berbantuan Scaffolding Dalam Model Creative Problem Solving (CPS) Terhadap

- Kreativitas Ilmiah Fisika Siswa SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 8(3), 187–193.
- Fatimah, S., Marwoto, P., & Nugroho, S. E. (2023). The Electrical Characteristics of Fruit Peel Waste as a Biobattery in Terms of Fermentation Time and Coconut (*Cocos nucifera* L.) Pulp Concentration. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(1), 1008–1016.
- Ferrero, M., Vadillo, M. A., & León, S. P. (2021). Is project-based learning effective among kindergarten and elementary students? A systematic review. *PLoS ONE*, 16(4), 1–14.
- Gallagher, J. J. (1964). Chapter I: Meaningful Learning and Retention: Intrapersonal Cognitive Variables. *Review of Educational Research*, 34(5), 499–512.
- Harahap, R., Ahmad, N. Q., & Fiteri, R. (2022). Peningkatan Kemampuan Kreativitas Matematis Siswa melalui Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) berbasis Project Based Learning (PjBL). *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(3), 3479–3488.
- Harahap, S. A. N., Ramalis, T. R., & Amsor. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Inkuiri Berorientasi Kreativitas Ilmiah pada Materi Elastisitas dan Hukum Hooke. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 2(1), 307–315.
- Haqiqi, A. Z. (2024). Penggunaan biomassa sebagai energi alternatif pembangkit listrik di wilayah pedesaan. *Journal of Optimization System and Ergonomy Implementation*, 1(1), 42–51.
- Hari, P. D., & Yohanes, S. E. (2023). Analisa Karakteristik Model BioBaterai dari Campuran Limbah Kulit Kacang dan Bambu Ori dengan Katalis Gel Elektrolit. *Prosiding Seniati*, 7(1), 149–155.
- Hayati, R. K., & Utomo, A. C. (2020). Pengembangan Instrumen Motivasi Belajar Tematik untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 4(3), 524–532.
- Holstermann, N., Grube, D., & Bögeholz, S. (2010). Hands-on Activities and Their Influence on Students' Interest. *Research in Science Education*, 40(5), 743–757.
- Irsan, Supriyanto, A., & Surtono, A. (2017). Analisis Karakteristik Elektrik Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta* Crantz) sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif Terbarukan untuk Mengisi Baterai Telepon Genggam. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 5(1), 9–18.

- Jones, E. C., & Leibowicz, B. D. (2022). Climate Risk Management in Agriculture Using Alternative Electricity and Water Resources: a Stochastic Programming Framework. *Environment Systems and Decisions*, 42(1), 117–135.
- Kamaliah, H., Wardoyo, T. D., & Maftukhah, S. (2020). Pemanfaatan Buah Kedondong dan Kulit Pisang Ambon Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 1(2), 142.
- Kartono. (2010). Hands On Activity Pada Pembelajaran Geometri Sekolah Sebagai Asesmen Kinerja Siswa. *Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, 1(1), 21–32.
- Knapp, N. F. (2019). The Shape Activity: Social Constructivism in the Psychology Classroom. *Teaching of Psychology*, 46(1), 87–91.
- Lase, D., Zega, T. G. C., Daeli, D. O., & Zaluchu, S. E. (2022). Parents' Perceptions of Distance Learning During COVID-19 in Rural Indonesia. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 16(1), 103–113.
- Lasmawan, I. W., & Budiarta, I. W. (2020). Vygotsky's Zone Of Proximal Development and The Students' Progress in Learning (A Heutagogcal Bibliographical Review). *JPI Jurnal Pendidikan Indonesia*, 9(4), 545–552.
- Leasa, M., Fenanlampir, A., Batlolona, J. R., & Saimima, A. S. (2021). Problem-Solving and Creative Thinking Skills with the PBL Model: The Concept of the Human Circulatory System. *Biosfer*, 14(2), 154–166.
- Lestari, N., Winarsih, M., & Kusumawardani, D. (2023). The use of meaningful learning in distance learning. *JTP Jurnal Teknologi Pendidikan*, 25(1), 42–53.
- Lonsdale, A. M. (2006). Thinking through. *Education in Rural Australia*, 16(1), 45–50.
- Lusiana, L., Enawaty, E., & Rasmawan, R. (2021). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Inkuiri Terbimbing Pada Materi Laju Reaksi Di SMA Indonesia Muda. *Jurnal Eksakta Pendidikan (JEP)*, 5(1), 51–58.
- Mandumpal, J. B., Ferdinand-James, D. S., Ziarati, P., Hussein, E. K., Umachandran, K., & Kennedy, I. G. (2022). Innovation-Based Learning (InnBL): Turning Science and Engineering Undergraduate Degree Programmes Towards Innovation. *Journal of Creativity*, 32(1), 100013 hlm.
- Mohammed, S. H., & Kinyo, L. (2020). The role of constructivism in the enhancement of social studies education. *Journal of Critical Reviews*, 7(7), 249–256.

- Nomleni, F. T., Boimau, H., & Bullu, N. I. (2024). Penggunaan Lkpd Berbasis Proyek Terhadap Hasil Belajar Siswa SMP Negeri 3 Amanuban Tengah. *Indigenous Biologi: Jurnal Pendidikan dan Sains Biologi*, 7(2), 28–33.
- Nuralifah, R. N., & Hidayah, R. (2021). Pengembangan LKPD berbasis ideal problem solving pada materi larutan penyangga. *UNESA Journal of Chemical Education*, 10(2), 94–102.
- Nurannisa, A., Taufan, A. A. M. I., Akbar, A. A. M. I., & Dewi, S. S. (2021). Bio-Baterai dari Kulit Pisang: Diseminasi olah Praktis pada Ibu PKK Dusun Kallimpo. *Unri Conference Series: Community Engagement*, 3(2), 19–26.
- Nuryanti, S., Rahmawati, S., Ningsih, P., Santoso, T., & Pondanan, Y. A. (2022). Utilization O. F Cassava Peel (Manihot Esculenta) As Bio-Battery. *Rasayan Journal of Chemistry*, 20(2), 249–254.
- Park, J. W. (2012). Developing the Format and Samples of Teaching Materials for Scientific Creativity in the Ordinary Science Curriculum-Including Teachers' Practice and Reflection. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 32(3), 446–466.
- Park, J. (2011). Scientific Creativity in Science Education. *Journal of Baltic Science Education*, 10(3), 144–145.
- Park, J. W. (2004). A Suggestion of Cognitive Model of Scientific Creativity (CMSC). *Journal of The Korean Association For Science Education*, 24(2), 375–386.
- Payong, M. R. (2020). Zone of Proximal Development and Social Constructivism Based Education According To Lev Semyonovich Vygotsky. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan Missio*, 12(2), 164–178.
- Pertiwi, F. D., Yarid, H., Widyastuti, A., & Pangestu, D. A. (2023). Penerapan Sistem Blok dalam Pembelajaran di Sekolah Menengah Atas. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 8(2), 202–217.
- Primadoni, A. B., & Muslim, R. I. (2023). Faktor Rendahnya Keterampilan Berpikir Kreatif Dalam Menciptakan Inovasi Baru. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 8(3), 958–966.
- Puri, F. E., Mawardi, R. H., Darmawan, M. F., & Kurniawan, M. F. (2022). Biobriket Limbah Kulit Singkong (Manihot Esculenta), Inovasi Sumber Energi Alternatif di Wonogiri. *Jurnal Jaringan Penelitian Pengembangan Penerapan Inovasi Pendidikan (Jarlitbang)*, 8(2), 113–122.
- Putri, E. W., & Ranu, M. E. (2019). Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) Berbasis Scientific Approach pada Mata Pelajaran

- Otomatisasi Tata Kelola Kepegawaian Semester Genap Kelas XI di SMK Negeri 2 Tuban. *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran*, 7(2), 73–80.
- Rauf, N. (2023). Review of Bio-Batterai as a Renewable Energy Source. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 14(1), 81–86.
- Redhana, I. W. (2019). Mengembangkan Keterampilan Abad Ke-21 Dalam Pembelajaran Kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 13(1), 2239–2253.
- Richana, N., & Widaningrum. (2009). Penggunaan tepung dan pasta dari beberapa varietas ubi jalar sebagai bahan baku mi. *Jurnal Pascapanen*, 6(1), 43–53.
- Ristiono, A. (2021). Analisis Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Sebagai Komponen Baterai Ramah Lingkungan. *Mekanika*, 2(2), 47–53.
- Roth, W. M. (2016). Concrete human psychology. *Concrete Human Psychology*, 1(1), 1–231.
- Safitri, Y. F., Melati, H. A., & Lestari, I. (2020). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Project Based Learning Pada Materi Perubahan Fisika dan Kimia. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Khatulistiwa*, 9(9), 1–11.
- Salafa, F., Hayat, L., & Ma'ruf, A. (2020). An Analysis of Orange Peel (Citrus Sinensis) as the Material for Electrolytes in Bio-Batteries. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 2(1), 1-9.
- Sari, L., Taufina, T., & Fachruddin, F. (2020). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dengan Menggunakan Model PJBL di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 4(4), 813–820.
- Setiyowati, A., Cahyani, D., Apriyani, N., & Qudsiyah, K. (2023). P Pengembangan desain bahan ajar bermuatan 6C pada materi trigonometri kelas X SMKN 2 Pacitan. *Jurnal Edumatic*, 4(2), 44–53.
- Siew, N. M., Chin, M. K., & Sombuling, A. (2017). The effects of problem based learning with cooperative learning on preschoolers' scientific creativity. *Journal of Baltic Science Education*, 16(1), 100–112.
- Siyamtini, S. (2019). Masalah pada materi perbandingan dan skala di kelas V SD. *Jurnal Review Pendidikan Dasar: Jurnal Kajian Pendidikan dan Hasil Penelitian*, 5(2), 976–985.
- Sumo, M., Jatmiko, B., Arifin, Z., & Supardi, I. (2024). Profile of Scientific Creativity Based on Project Based Learning of Physics Education Undergraduate Students: Preliminary research. *JIPF Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*, 9(3), 377–386.
- Suprabawati, A., Holiyah, N. W., & Jasmansyah, J. (2018). Kulit Singkong

- (Manihot esculenta Crantz) sebagai Karbon Aktif dengan Berbagai Langkah Pembuatan untuk Adsorpsi Logam Timbal (Pb^{2+}) Dalam Air. *Jurnal Kartika Kimia*, 1(1), 21–28.
- Supriyanto, A. (2019). Analysis of Cassava Peel Paste as An Electrolyte of Electrical Energy Source. *Journal of Technomaterials Physics*, 1(1), 15–21.
- Suyidno, S., Susilowati, E., Arifuddin, M., Misbah, M., Sunarti, T., & Dwikoranto, D. (2019). Increasing Students' Responsibility and Scientific Creativity through Creative Responsibility Based Learning. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 9(2), 178.
- Tamrin, M., S. Sirate, S. F., & Yusuf, M. (2011). Teori Belajar Vygotsky dalam Pembelajaran Matematika. *SIGMA (Suara Intelektual Gaya Matematika)*, 3(1), 40–47.
- Tarmidzi, T. (2019). Belajar Bermakna (Meaningful Learning) Ausubel Menggunakan Model Pembelajaran Dan Evaluasi Peta Konsep (Concept Mapping) Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep Mahasiswa Calon Guru Sekolah Dasar Pada Mata Kuliah Konsep Dasar IPA. *Caruban: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan Dasar*, 1(2), 131.
- Ratumanan, T. G., & Laurent, T. 2011. Penilaian Hasil Belajar pada Tingkat Satuan Pendidikan (2nd ed). Surabaya: Unesa University Press. 50 hlm.
- Sudjana. 2005. Metode Statistika. Tarsito: Bandung. 25 hlm.
- Taşdemir, Y. C. (2021). Is Scientific Creativity Possible in Early Childhood. *Theory and Practice in Child Development*, 1(1), 71–82.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*. Bloomington: Center for Innovation in Teaching the Handicapped, Indiana University. 195 pages.
- Vygotsky, L. S. 1989. Concrete Human Psychology. *Soviet Psychology*, 27(2), 53–77.
- Wainwright, M. (2018). The Strengths and Weaknesses of Ramism. *The Rational Shakespeare*, 4(3), 79–104.
- Widyastuti, P. (2019). Pengolahan Limbah Kulit Singkong Sebagai Bahan Bakar Bioetanol melalui Proses Fermentasi. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 11(1), 41–46.
- Wurdinger, S., Haar, J., Hugg, R., & Bezon, J. (2007). A Qualitative Study Using Project-Based Learning in a Mainstream Middle School. *Improving Schools*, 10(2), 150–161.

- Xu, S., Reiss, M. J., & Lodge, W. (2024). The Development of an Analytical Model for Science Classroom Creativity in China. *Research in Science and Technological Education*, 1(1), 1–26.
- Yulia, D. C., Rahmawati, Y., & Darwis, D. (2024). Pendekatan STEAM-PjBL untuk Mengembangkan Scientific Creativity Siswa Kelas V Pada Topik Ekosistem dan Magnet. *Jayapangus Press*, 7(3), 133–146.