

**PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PROYEK UNTUK MELATIHKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN KETERAMPILAN STEM
PADA MATERI *ALTERNATIVE ENERGY***

(Skripsi)

Oleh

**ASRI NURMELATI SARI
NPM 2113022048**



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

ABSTRAK

PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PROYEK UNTUK MELATIHKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN KETERAMPILAN STEM PADA MATERI *ALTERNATIVE ENERGY*

Oleh

ASRI NURMELATI SARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan LKPD berbasis proyek yang valid, praktis, dan efektif untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM pada materi *alternative energy*. Jenis penelitian ini adalah pengembangan dengan model penelitian 4D (*Define, Design, Development, dan Disseminate*) oleh Thiagarajan. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan teknik non tes dan teknik tes dengan penilaian terhadap uji validitas, uji kepraktisan yang terdiri dari uji keterbacaan, uji persepsi guru, dan uji respon peserta didik, uji keefektifan yang berisi analisis keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM. Data dianalisis menggunakan teknik analisis data deksriptif dan teknik analisis data inferensial. Pada hasil uji validitas didapatkan rerata nilai dari ketiga validator sebesar 3,36, dengan rerata validasi media dan desain diperoleh hasil sebesar 3,44 dan validasi materi dan konstruk sebesar 3,28. Hasil uji kepraktisan diperoleh skor rerata untuk uji keterbacaan sebesar 89%, uji respon peserta didik sebesar 86,7%, sedangkan untuk uji persepsi guru sebesar 90%. Sehingga rerata skor untuk kepraktisan tersebut sebesar 88,5% dengan kategori sangat praktis. Uji keefektifan berdasarkan hasil analisis *n-gain* diperoleh skor sebesar 0,85 dengan kategori tinggi. Selain itu berdasarkan hasil uji *wilcoxon* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0.001 yang artinya terdapat peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan LKPD berbasis proyek, serta hasil uji *wilcoxon* pada keterampilan STEM sebesar 0,014 yang artinya terdapat peningkatan keterampilan STEM pada peserta didik. Telah dihasilkan LKPD berbasis proyek untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM pada materi *alternative energy* yang valid, praktis, dan efektif.

Kata kunci : *Biobaterai, Keterampilan Berpikir Kritis, Keterampilan STEM, LKPD, Pembelajaran Berbasis Proyek*

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF PROJECT-BASED LKPD TO TRAIN CRITICAL THINKING SKILLS AND STEM SKILLS ON ALTERNATIVE ENERGY MATERIAL

By

ASRI NURMELATI SARI

This study aims to develop a valid, practical, and effective project-based LKPD to train critical thinking skills and STEM skills on alternative energy material. This type of research is development with the 4D research model (Define, Design, Development, and Disseminate) by Thiagarajan. Data collection techniques in this study were carried out with non-test techniques and test techniques with an assessment of the validity test, practicality test consisting of readability test, teacher perception test, and student response test, effectiveness test containing analysis of critical thinking skills and STEM skills. Data were analyzed using descriptive data analysis techniques and inferential data analysis techniques. In the validity test results, the average score of the three validators was 3.36, with the average media validation and design obtained results of 3.44 and material validation and construct of 3.28. The results of the practicality test obtained an average score for the readability test of 89%, the learner response test of 86.7%, while for the teacher perception test of 90%. So that the average score for practicality is 88.5% with a very practical category. The effectiveness test based on the results of the n-gain analysis obtained a score of 0.85 with a high category. In addition, based on the results of the Wilcoxon test, a significance value of 0.001 was obtained, which means that there was an increase in students' critical thinking skills after using project-based LKPD, and the results of the Wilcoxon test on STEM skills were 0.014, which means that there was an increase in STEM skills in students. Project-based LKPD has been produced to train critical thinking skills and STEM skills on alternative energy material that is valid, practical, and effective.

Keywords: *Biobattery, Critical Thinking Skills, STEM Skills, LKPD, Project Based Learning*

**PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PROYEK UNTUK MELATIHKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN KETERAMPILAN STEM
PADA MATERI *ALTERNATIVE ENERGY***

Oleh

ASRI NURMELATI SARI

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

**PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS
PROYEK UNTUK MELATIHKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS
DAN KETERAMPILAN STEM PADA
MATERI *ALTERNATIVE ENERGY***

Nama Mahasiswa

Asri Nurmelati Sari

No. Pokok Mahasiswa

2113022048

Program Studi

Pendidikan Fisika

Jurusan

Pendidikan MIPA

Fakultas

Keguruan dan Ilmu Pendidikan



1. Komisi Pembimbing

Dr. Kartini Herlina, M.Si.

NIP 19650616 199102 2 001

Dimas Permadi, S.Pd., M.Pd.

NIP 19901216 201903 1 017

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

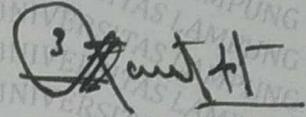
Dr. Nurhanurawati, M.Pd.

NIP 19670808 199103 2 001

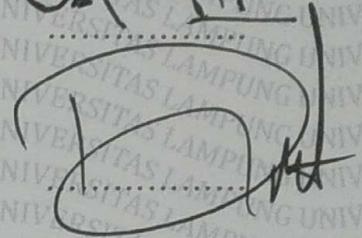
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

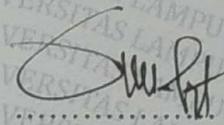
Ketua : **Dr. Kartini Herlina, M.Si.**



Sekretaris : **Dimas Permadi, S.Pd., M.Pd.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.**



Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Dr. Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd.

NIP 19870504 201404 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **7 Mei 2025**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tanda di bawah ini adalah :

Nama : Asri Nurmelati Sari
NPM : 2113022048
Fakultas/Jurusan : KIP / Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Fisika
Alamat : Jl. ZA Pagar Alam Desa Brabasan, Kecamatan Tanjung
Raya, Kabupaten Mesuji

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

Bandarlampung, 7 Mei 2025




Asri Nurmelati Sari
2113022048

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Mesuji pada tanggal 04 Mei 2004. Penulis adalah putri dari pasangan Bapak Hj. Pamuji, S.Pd. dan Ibu Hj. Sukati, S.Pd. Penulis mengawali pendidikan formal pada tahun 2009 di TK Surya Bhakti. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan pada tahun 2010 di SDN 1 Brabasan. Pada tahun 2016, penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Tanjung Raya. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Tanjung Raya dan lulus pada tahun 2021. Pada tahun yang sama penulis diterima dan terdaftar sebagai Mahasiswa Program Studi Pendidikan di Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis aktif dalam berbagai macam kegiatan organisasi. Penulis tergabung sebagai anggota Divisi Kreativitas Mahasiswa di Aliansi Mahasiswa Pendidikan Fisika (Almafika) dan anggota Divisi Kreativitas Mahasiswa di Himpunan Mahasiswa Pendidikan Eksakta (Himasakta) serta menjadi Staf Ahli Kominfo di Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM). Penulis juga melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Palas Aji, Kecamatan Palas, Kabupaten Lampung Selatan. Kegiatan tersebut bersamaan dengan pelaksanaan Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) 1 dan 2 yang dilaksanakan di SMAN 1 Palas. Penulis juga melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Lapangan (KKL) di daerah Dieng-Bali-Surabaya-Yogyakarta.

MOTTO

“Jangan pernah merasa tertinggal, setiap manusia memiliki proses dan rezekinya masing-masing”

(Q.S. Maryam: 4)

“Ingatlah mengapa kamu ingin memulai dan selesaikanlah apa yang kamu mulai, karena apa yang kamu mulai akan membuahkan hasil yang manis”

(Asri Nurmelati Sari)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Rabbil Alamin, dengan mengucap rasa syukur atas kehadiran Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, serta shalawat beriring salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. Bersama rasa syukur yang mendalam, penulis mempersembahkan karya tulis ini sebagai rasa tanggung jawab dalam menyelesaikan pendidikan dan tanda bakti nan tulus kepada:

1. Orangtua tersayang, Bapak Hj. Pamuji, S.Pd. dan Ibu Hj. Sukati, S.Pd. yang telah sepenuh hati membesarkan, merawat, mendidik, mendo'akan, dan mendukung segala bentuk perjuangan penulis. Semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan dan keberkahan untuk bapak dan ibu sampai penulis bisa membahagiakan dan membanggakan kalian;
2. Kakak penulis, Arif Nurprasetyawan, S.Pd. dan Azies Nurdwiansyah, S.Si. serta Ati Nurpuspita, S.Pd. Gr. yang selalu memberikan kasih sayang, doa dan dukungannya;
3. Keluarga besar tersayang yang selalu senantiasa mendoakan, memberikan dukungan, motivasi dan semangat;
4. Para pendidik yang telah mengajarkan ilmu pengetahuan dan pengalaman, serta memberikan bimbingan terbaik kepada penulis dengan tulus dan ikhlas;
5. Sahabat dan teman-teman penulis yang dengan setia menemani dalam perjuangan penulis dan senantiasa tulus mendampingi;
6. Almameter tercinta Universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulillah Rabbil Alamin segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan 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 terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd selaku Dekan FKIP Universitas Lampung;
3. Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
4. Dr. Viyanti, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika;
5. Dr. Kartini Herlina, M.Si., selaku Pembimbing I sekaligus Pembimbing Akademik atas kesediaan dan keikhlasannya dalam memberikan ide, saran, semangat, bimbingan serta motivasi selama menyelesaikan skripsi;
6. Dimas Permadi, S.Pd. M.Pd., selaku Pembimbing II atas kesediaan dan keikhlasannya dalam memberikan ide, saran, semangat, bimbingan serta motivasi selama menyelesaikan skripsi;
7. Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si., selaku Pembahas sekaligus validator produk peneliti atas kesediaannya memberikan arahan dan saran untuk perbaikan skripsi;
8. Bapak dan Ibu Dosen serta staf Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung yang telah membimbing penulis dalam setiap proses pembelajaran;
9. Mahasiswa Pendidikan Fisika semester 4 atas bantuan dan kerjasamanya selama penelitian berlangsung;

10. Sahabat penulis, Marica Ginda Listiya, Riska Wulandari dan Erisa Amelia Tifany. Terimakasih telah kebersamaian setiap proses, mendengarkan, dan memberikan semangat kepada penulis;
11. Sahabat kuliah, Dea Anesta, Dhea Salsabilla Alsa, Nistiyani Anggraini, Rumaisa Hidayani, Adelia, Anjelika, dan Marifatul Soleha. Terimakasih telah menemani setiap proses, mendengarkan, membantu, dan memberikan semangat selama perkuliahan;
12. Teman-teman KKN Desa Palas Aji, Indri Cahyati, Muhammad Ridho Rachman, Nanda Alviali, Kadek Dita Riyani, Maharani Permata Ferry, Pavel Kharisma Ramadhanita, Inna Fathin Haniah, Ni Putu Ade Sekar Lanna dan Raifan Ahmad Kurniawan yang selalu memberikan semangat dan terimakasih untuk 40 hari yang berkesan;
13. Teman-teman bimbingan (Mahasiswa bimbingan Dr. Kartini Herlina, M.Si.), yaitu Fitra Melisa, Kresensia Syhfa Marlita, Farhana, Atika Yulandari, Diana Puspita, Rahmawati, Puspita Tri Wijaya dan Amanda Fajar Arifia yang telah berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan skripsi;
14. Teman-teman seperjuangan Bernoulli 21;
15. 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 menjadi tambahan referensi untuk penelitian lain.

Bandarlampung, 7 Mei 2025

Asri Nurmelati Sari
2113022048

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Manfaat Penelitian.....	8
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Kajian Teori	11
2.1.1 Lembar Kerja Peserta didik (LKPD).....	11
2.1.2 Pembelajaran Berbasis Proyek (PBP)	13
2.1.3 Teori Belajar.....	14
2.1.4 Keterampilan Berpikir Kritis.....	22
2.1.5 Keterampilan STEM (STEM <i>Skills</i>)	24
2.1.6 Karakteristik Kulit Buah Naga Merah	25
2.1.7 Energi Alternatif (<i>Alternative Energy</i>).....	27
2.1.8 <i>Alternative Electricity</i> (Listrik Alternatif).....	28
2.1.9 Alat Praktikum <i>Alternative Energy</i>	29
2.1.10 Analisis Pemecahan Masalah.....	32
2.1.11 Keterkaitan Aktivitas Praktikum dengan Keterampilan Berpikir Kritis dan Keterampilan STEM.....	33
2.2 Penelitian Relevan.....	35
2.3 Kerangka Pemikiran	36

III. METODE PENELITIAN	39
3.1 Desain Penelitian Pengembangan.....	39
3.2 Prosedur Pengembangan	41
3.3 Instrumen Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data.....	48
3.4 Teknik Analisis Data.....	53
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	61
4.1 Hasil.....	61
4.1.1 Produk.....	61
4.1.2 Hasil Uji Validitas.....	64
4.1.3 Hasil Uji Kepraktisan	69
4.1.4 Hasil Uji Validitas Instrumen (Soal <i>Pretest-Posttest</i>)	71
4.1.5 Hasil Uji Keefektifan.....	73
4.1.6 Analisis Data Keefektifan LKPD	77
4.2 Pembahasan	80
4.2.1 Uji Kevalidan.....	81
4.2.2 Uji Kepraktisan.....	81
4.2.3 Uji Keefektifan	84
V. KESIMPULAN DAN SARAN	107
5.1 Kesimpulan.....	107
5.2 Saran	108
DAFTAR PUSTAKA.....	109
LAMPIRAN.....	117

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kerangka Berpikir menurut Norris dan Ennis (Stiggins, 1997).....	23
2. Keterampilan STEM	25
3. Sifat Fisikokimia Kulit Buah Naga.....	26
4. Penelitian Relevan.....	35
5. Desain Pengembangan 4D menurut Thiagarajan & Semmel (1974).....	39
6. Skala <i>Likert</i> pada Angket Uji Validitas	49
7. Skala <i>Likert</i> pada Angket Uji Keterbacaan	49
8. Skala <i>Likert</i> pada Angket Respon Peserta Didik.....	50
9. Interpretasi Koefisien Korelasi dan Reliabilitas Instrumen Tes.....	51
10. Teknik Pengumpulan Data	52
11. Konversi Skor Penilaian Validitas Produk	54
12. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan	54
13. Konversi Skor Penilaian Persepsi/Respon Peserta Didik terhadap Produk	55
14. Desain <i>One Group Pretest-Posttest</i>	56
15. Kriteria Interpretasi Nilai <i>N-Gain</i>	59
16. <i>Storyboard</i> LKPD	63
17. Hasil Rerata Skor Uji Ahli	64
18. Rangkuman Masukan Penilaian Ahli Media dan Desain.....	66
19. Ujicoba Bio Baterai Kulit Buah Naga Merah	67
20. Hasil Uji Keterbacaan	70
21. Hasil Uji Respon Peserta Didik.....	71
22. Hasil Uji Persepsi Guru.....	71
23. Hasil Uji Validitas Instrumen Tes.....	72
24. Hasil Uji Reliabilitas Instrumen Tes	73
25. Hasil Uji Analisis Penilaian Pengerjaan LKPD	76
26. Data Kuantitatif Hasil Penelitian	76
27. Hasil Uji Normalitas Data Keterampilan Berpikir Kritis.....	77
28. Hasil Uji Normalitas Data Keterampilan STEM	77
29. Hasil Uji <i>N-Gain</i> Berdasarkan Nilai <i>Pretest-Posttest</i>	78
30. Hasil <i>N-Gain</i> Berdasarkan Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	78
31. Hasil Uji <i>Wilcoxon Signed Ranks Test</i> Keterampilan Berpikir Kritis	79
32. Hasil Uji <i>Wilcoxon Signed Ranks Test</i> Keterampilan STEM.....	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Desain Alat Bio Baterai	30
2. Rangkaian Bio Baterai	30
3. Analisis Pemecahan Masalah.....	32
4. Kerangka Pemikiran.....	38
5. Alur Model Pengembangan 4D menurut Thiagarajan dkk (1974).	46
6. Alur Prosedur Pengembangan LKPD Berbasis Proyek Pengolahan Limbah Kulit Buah Naga Merah	47
7. Tampilan LKPD	61
8. Rancangan Desain Produk	62
9. Hasil Percobaan dengan Menyalakan Led.....	68
10. Diagram <i>N-Gain</i> Perindikator Keterampilan Berpikir Kritis.....	85
11. Jawaban Peserta Didik pada Tahap Mengidentifikasi Masalah	87
12. Rencana Proyek	92
13. Alat dan Bahan yang digunakan dalam Proyek	93
14. Jadwal Kegiatan Proyek.....	94
15. Hasil Ujicoba Produk Bio Baterai Limbah Kulit Buah Naga	96
16. Melaporkan Proyek.....	98
17. Kelompok 1.....	98
18. Kelompok 2.....	98
19. Kelompok 3.....	99
20. Kelompok 4.....	99
21. Kelompok 5.....	99
22. Mengevaluasi atau MenindakLanjuti Proyek	101
23. Diagram Rata-Rata Penilaian Keterampilan STEM	104

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Surat Izin Penelitian Pendahuluan	118
2. Surat Izin Penelitian	119
3. Produk LKPD	120
4. Angket Analisis Kebutuhan Peserta Didik	141
5. Hasil Analisis Kebutuhan Peserta Didik	146
6. Angket Analisis Kebutuhan Guru	150
7. Hasil Analisis Kebutuhan Guru	156
8. Angket Uji Validasi Produk	159
9. Rekapitulasi Hasil Uji Produk	163
10. Angket Keberfungsian Produk	164
11. Angket Uji Keterbacaan	166
12. Rekapitulasi Hasil Uji Keterbacaan	169
13. Angket Uji Persepsi Guru	170
14. Rekapitulasi Hasil Uji Persepsi Guru	174
15. Angket Uji Respon Peserta Didik	177
16. Hasil Uji Respon Peserta Didik	180
17. Kisi-Kisi Soal Keterampilan Berpikir Kritis	184
18. Soal <i>Pretest Posttest</i> untuk Uji Keefektifan	186
19. Hasil Pengerjaan Peserta Didik <i>Pretest</i>	191
20. Hasil Pengerjaan Peserta Didik <i>Posttest</i>	193
21. Rekapitulasi Hasil Uji Normalitas, <i>N-Gain</i> dan <i>Wilcoxon Signed Ranks Test</i> Peserta didik	198
22. Hasil Uji Validitas	200
23. Hasil Uji Reliabilitas	201
24. Rubrik Penilaian Skor LKPD <i>Critical Thinking Skills</i>	202
25. Hasil Penilaian Pengerjaan LKPD	206
26. Rubrik Penilaian Skor Soal Berpikir Kritis Menurut Norris dan Ennis (Stiggins, 1997)	207
27. Rubrik Penilaian Skor Sikap Keterampilan STEM	221
28. Hasil Penilaian Keterampilan STEM	223
29. Dokumentasi	224

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keterampilan pembelajaran abad ke-21 yang sesuai dengan profil pelajar pancasila adalah berpikir kritis. Pembelajaran abad 21 menggunakan istilah yang dikenal sebagai 4C (*critical thinking, communication, collaboration, and creativity*) adalah empat keterampilan yang telah diidentifikasi sebagai keterampilan abad ke-21 sebagai keterampilan yang sangat penting dan diperlukan untuk pendidikan abad ke-21 (Ariyana *et al.*, 2018). Oleh karena itu, untuk menciptakan peserta didik dengan kecakapan tersebut dapat dikembangkan melalui pembelajaran berbasis proyek (PBP).

Pembelajaran berbasis proyek (PBP) adalah jenis pembelajaran kontekstual yang didasarkan pada pertanyaan atau masalah yang menantang. PBP memberikan peserta didik kesempatan untuk bekerja secara independen untuk waktu yang lama, memberikan mereka kesempatan untuk merancang, menyelesaikan masalah, membuat keputusan, dan menghasilkan produk nyata terkait masalah (Diawati *et al.*, 2017). Keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah dapat ditingkatkan melalui PBP (Bell, 2010; Kokotsaki *et al.*, 2016). Memungkinkan peserta didik untuk mengintegrasikan pengetahuan dan keterampilan lintas disiplin, khususnya dalam keterampilan STEM melalui pengalaman belajar yang kontekstual dan autentik.

Sejalan dengan indikator keterampilan STEM yang berkaitan dengan kolaborasi, komunikasi, kreativitas dan inovasi (*Texas Education Agency*, 2020). Melalui proyek-proyek yang berfokus pada pemecahan masalah dunia

nyata, peserta didik dituntut untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan menyelesaikan masalah. Dengan demikian penerapan PBP secara langsung mendukung pencapaian indikator keterampilan STEM, karena peserta didik tidak hanya belajar konsep teoritis tetapi juga mengasah kemampuan mereka untuk mengaplikasikannya dalam situasi nyata.

Pembelajaran fisika berkaitan erat dengan fenomena atau kejadian sehari-hari. Mempelajari fenomena tersebut dapat melatih keterampilan berpikir peserta didik dalam mengamati lingkungan sekitarnya. Salah satu fenomena yang dapat dipelajari yaitu fenomena mengenai *alternative energy*. Materi *alternative energy* memuat materi usaha dan energi dimana banyak terdapat konsep serta hitungan matematis. Terkait pemahaman konsep pada pembelajaran fisika masih tergolong sedang, terkhususnya pada materi *alternative energy* (Amelia *et al.*, 2024). Sehingga membutuhkan suatu media yang dapat memperjelas konsep materi *alternative energy* tersebut melalui sebuah kegiatan eksperimen. Pemanfaatan kegiatan eksperimen dalam proses pembelajaran memungkinkan guru untuk melihat keterampilan peserta didik (Sarwanto *et al.*, 2021).

Alternative energy merupakan energi ramah lingkungan yang diperoleh dari bahan-bahan yang belum pernah digunakan sebelumnya. Sumber *alternative energy* ini ditemukan sebagai terobosan baru dalam menanggulangi semakin banyaknya kebutuhan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui (Safitri *et al.*, 2023). Pemanfaatan buah dan sayur sebagai sumber *alternative energy* dapat dimanfaatkan sebagai bio baterai sebagai penghasil energi listrik yang mengandung banyak listrik. Selain itu sayuran dan buah-buahan dengan kandungan keasaman yang tinggi dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Larutan penghantar listrik atau larutan elektrolit seperti asam sulfat, asam oksalat, asam format, atau asam sitrat banyak ditemukan dalam buah dan sayur. Perpindahan elektron bebas dari ion-ion dalam zat atau larutan memungkinkan listrik mengalir (Pujiarini & Sudarti, 2021). Larutan elektrolit tersebut menghantarkan ion anoda ke katoda sehingga mampu mengalirkan arus listrik (Setiawan *et al.*, 2020).

Energi listrik merupakan bagian terpenting dari aktifitas kehidupan manusia. Hampir semua aktifitas kehidupan manusia membutuhkan energi listrik untuk bekerja dengan segala sesuatu, yang didukung oleh pergantian teknologi yang semakin cepat dan inovatif. Energi listrik selama ini sebagian besar menggunakan energi yang tidak berkelanjutan, khususnya dari fosil (Nugraha *et al.*, 2022). Sekarang sudah diakui secara luas bahwa bahan bakar fosil dan sumber daya konvensional lainnya yang saat ini digunakan dalam pembangkitan energi listrik mungkin tidak cukup atau tidak sesuai untuk mengimbangi permintaan energi listrik yang terus meningkat. Cadangan ini terus berkurang seiring dengan peningkatan konsumsi dan tidak akan ada lagi untuk generasi mendatang. Prospek untuk memenuhi permintaan ini dan menghindari krisis pasokan akan membaik jika sumber energi baru dan alternatif dapat dikembangkan (Narayanan *et al.*, 2005). Salah satu usaha untuk mengatasi permasalahan krisis energi yang terjadi adalah pencarian *alternative energy*.

Banyaknya penjual buah di Bandar Lampung khususnya daerah pasar kangkung, pasar gantung dan pasar tugu yang kurang memanfaatkan buah naga terutama oleh para konsumen, umumnya konsumen hanya memakan daging buah naga saja dan membuang kulitnya. Sewaktu-waktu, limbah kulit buah naga merah akan mencemari lingkungan jika dibiarkan begitu saja tanpa adanya penaggulangan limbah (Cristina *et al.*, 2022). Padahal jika diolah dengan benar kulit naga memiliki potensi yang sangat besar. Salah satunya adalah pemanfaatan potensi limbah kulit buah naga merah yang dapat dijadikan sebagai *alternative energy* pengganti bahan bakar fosil.

Limbah kulit buah naga merah dapat digunakan sebagai bio baterai . Bio baterai merupakan suatu alat yang dapat menghasilkan energi listrik yang bersumber dari makhluk hidup (Yasa *et al.*, 2019). Banyak manusia yang belum berpikir untuk mendaur ulang kulit buah naga merah. Kulit buah naga merah dapat bertindak sebagai konduktor karena mengandung partikel bermuatan ion positif dan negatif. Buah-buahan dan sayuran selain memiliki asam, juga banyak mengandung air, sehingga apabila ada dua logam yang

berbeda dicelupkan, pada larutan buah-buahan dan sayuran tersebut akan timbul beda potensial antara logam dan air sehingga terjadilah potensial elektrode yang dapat menghasilkan arus listrik juga. Dari konsep dasar ini, maka buah-buahan dan sayuran dapat digunakan sebagai bahan elektrolit pengganti baterai sebagai bio baterai (Salafa *et al*, 2020). Penggunaan kulit buah naga merah sebagai bio baterai dapat berwujud cairan atau pasta. Pengembangan bio baterai tersebut akan sangat berguna, mengingat bahwa baterai banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Pujiarini & Sudarti, 2021).

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan dengan menyebarkan angket dengan *google form* kepada peserta didik dari enam Sekolah Menengah Atas (SMA) yang berbeda di Provinsi Lampung. Sekolah-sekolah tersebut yaitu SMAN 16 Bandar Lampung, SMAN 15 Bandar Lampung, SMAN 14 Bandar Lampung, SMAN 13 Bandar Lampung, SMAN 1 Natar dan SMA IT Ar Raihan mengungkapkan bahwa sebanyak 131 peserta didik. Menurut 71% peserta didik, keterbatasan alat dan bahan untuk melakukan praktik menjadi faktor kesulitan dalam pembelajaran pada materi *alternative energy*. Sebanyak 74,8% peserta didik belum pernah mencoba dalam memanfaatkan limbah dari lingkungan sekitar untuk materi *alternative energy*. Menurut 58,8% peserta didik, dalam pembelajaran materi *alternative energy*, bahan ajar yang digunakan oleh guru yaitu buku referensi. Dalam pembelajaran materi *alternative energy* menurut 64,1% peserta didik, guru tidak memperjelas konsep materi tersebut melalui kegiatan praktik. Menurut 53,4% peserta didik, dalam pelaksanaan pembelajaran pada materi *alternative energy* guru tidak menggunakan LKPD. Selain itu, menurut peserta didik sebanyak 67,2% guru telah menggunakan aktivitas *science process skill* mengamati dan sebanyak 53,4% guru telah menggunakan aktivitas *science process skill* mempertanyakan dan memprediksi.

Data hasil penelitian pendahuluan pada 6 guru fisika SMA di Provinsi Lampung, menunjukkan bahwa 83,3% guru membelajarkan materi *alternative energy* menggunakan metode diskusi. Aktivitas peserta didik dan

guru selama pembelajaran menggunakan metode diskusi yaitu memilih energi alternatif yang lain, melalui studi literatur buku dan internet, memilih energi yang sesuai menurut kelompok, setiap kelompok menampilkan solusi *alternative energy* pada diskusi di kelas serta tanya jawab dan membuat kesimpulan. Menurut 66,7% guru, keterbatasan alat dan bahan praktikum menjadi faktor kesulitan dalam pembelajaran pada materi *alternative energy*. Sebanyak 83,3% guru belum pernah memanfaatkan limbah dari lingkungan sekitar untuk membelajarkan *alternative energy*.

Dalam membelajarkan materi *alternative energy*, bahan ajar yang sering digunakan guru sebanyak 83,3% yaitu *e-modul* atau modul hal ini dikarenakan modul mudah didapat dan mudah didistribusikan secara merata melalui *email* atau sejenisnya serta modul buatan sendiri sehingga lebih memudahkan peserta didik. Menurut 83,3% guru dalam membelajarkan materi *alternative energy*, tidak memperjelas konsep materi tersebut melalui kegiatan praktik dan hanya menggunakan video dan ppt karena alat praktik tidak tersedia. Sebanyak 66,7% guru menggunakan LKPD dalam pembelajaran materi *alternative energy*, dengan sumber dari internet dan kemudian dikembangkan sendiri. Sebanyak 100% guru fisika tersebut telah menggunakan video pembelajaran sebagai media pendukung yang digunakan dalam LKPD. Menurut 66,7% guru telah menggunakan aktivitas *science process skill* mengamati, memproses dan menganalisis data serta informasi, dan mengomunikasikan hasil. Semua guru di enam sekolah tersebut menggunakan model pembelajaran yang sama, yaitu *problem based learning* dalam membelajarkan materi *alternative energy*.

Model PBP adalah salah satu model pembelajaran yang dapat membantu peserta didik belajar keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM. Pembelajaran berbasis proyek memiliki potensi yang amat besar untuk membuat pengalaman belajar yang lebih menarik dan bermakna untuk peserta didik serta dapat meningkatkan kinerja ilmiah peserta didik dalam pembelajaran, sedangkan guru hanya berperan sebagai fasilitator dan

mediator (Khalifah *et al.*, 2021). Dengan itu, diperlukan panduan yang baik agar dapat mendukung proses pembelajaran berbasis proyek seperti LKPD.

LKPD berbasis proyek memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran. Melalui LKPD berbasis proyek peserta didik diberi kesempatan untuk mengeksplorasi, melakukan penelitian, dan berkerja sama untuk menyelesaikan proyek yang diberikan. Proses ini sangat mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis, karena peserta didik harus mampu mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan dan menganalisis data, serta menyajikan hasil dan rekomendasi berdasarkan bukti yang ada. Peserta didik akan lebih aktif mengikuti pembelajaran dengan LKPD berbasis proyek karena mereka tidak hanya menjadi objek pembelajaran tetapi juga menjadi subjek pembelajaran, sehingga peserta didik dapat menemukan sendiri konsep yang dipelajari (Ariyana *et al.*, 2018).

Penelitian pengembangan ini dilatarbelakangi oleh penelitian-penelitian terdahulu. Penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Salafa *et al.* (2020) mengembangkan Bio baterai menggunakan kulit buah, tetapi belum memiliki bahan ajar penunjang. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Santoso & Mosik (2019) terbukti bahwa penerapan lembar kerja peserta didik (LKS) atau bahan ajar berbasis STEM pada pembelajaran Fisika SMA dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Khalifah *et al.* (2021) terbukti bahwa LKPD yang dikembangkan sangat layak untuk melatih kemampuan berpikir kritis, tetapi untuk materi *alternative energy* dengan eksperimen menggunakan limbah kulit buah naga merah menjadi Bio baterai belum pernah dilakukan.

Berdasarkan penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa pengembangan bahan ajar atau LKPD dengan berbagai macam model atau metode penelitian dapat melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik. Oleh karena itu, sebagai solusi dari permasalahan tersebut dilakukan pengembangan LKPD berbasis

proyek untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM peserta didik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka diidentifikasi masalah sebagai berikut.

1. Bagaimanakah LKPD berbasis proyek yang valid secara empiris dan *expert* untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan STEM pada materi *alternative energy*?
2. Bagaimanakah kepraktisan LKPD berbasis proyek untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan STEM pada materi *alternative energy*?
3. Bagaimanakah keefektifan LKPD berbasis proyek untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan STEM pada materi *alternative energy*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan LKPD berbasis proyek yang valid secara empiris dan *expert* untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan STEM pada materi *alternative energy*.
2. Mendeskripsikan kepraktisan LKPD berbasis proyek untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan STEM pada materi *alternative energy*.
3. Mendeskripsikan keefektifan LKPD berbasis proyek untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan STEM pada materi *alternative energy*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi Peserta didik

Memberikan bahan ajar penunjang pembelajaran berupa LKPD berbasis proyek untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan keterampilan STEM serta dapat membantu peserta didik dalam memahami konsep pada materi *alternative energy*.

2. Bagi Guru

Memberikan sebuah solusi pembelajaran bagi guru yang mudah diakses dalam proses pembelajaran di kelas serta menambah referensi media pembelajaran yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran pada materi *alternative energy*.

3. Bagi Sekolah

Memberikan media pembelajaran yang menarik sebagai alternatif dan wawasan baru dalam membantu dan mempermudah proses mengajar ataupun memandu praktikum pada materi *alternative energy*.

4. Bagi Peneliti

Memberikan sebuah pengetahuan dan pengalaman mengenai penerapan ilmu yang telah didapatkan di perkuliahan serta masalah nyata yang ada di dunia pendidikan.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini meliputi beberapa hal yaitu:

1. Desain penelitian menggunakan desain penelitian pengembangan 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*) menurut Thiagarajan (1974). Pada tahap *disseminate*, produk yang dihasilkan akan disebar ke guru fisika SMA dan akan dipublikasi melalui jurnal.
2. LKPD yang dikembangkan bertujuan untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM peserta didik.

3. Aspek indikator keterampilan berpikir kritis yang digunakan terdiri dari: melakukan klasifikasi dasar dari masalah, membuat keputusan dengan menggunakan informasi yang tersedia, membuat kesimpulan, melakukan klasifikasi lanjutan, mendapatkan kesimpulan terbaik, yang mengacu pada *framework* dari Norris dan Ennis (Stiggins, 1997).
4. Aspek indikator keterampilan STEM yang digunakan dilansir dari *Texas Education Agency* (2020) terdiri dari kolaborasi, komunikasi, kreativitas dan inovasi.
5. LKPD yang dikembangkan ini menggunakan aktivitas model pembelajaran berbasis proyek menurut Colley (2008) dengan 5 tahap pembelajaran, yaitu tahap mengidentifikasi dan menentukan proyek, merencanakan proyek, melaksanakan proyek, mendokumentasikan dan melaporkan serta mengevaluasi dan menindaklanjuti proyek.
6. LKPD berbasis proyek yang dikembangkan dapat digunakan sebagai media pembelajaran *alternative energy* kurikulum merdeka fase E.
7. Subjek uji coba seharusnya peserta didik kelas X. Namun, karena keterbatasan waktu dan kondisi di lapangan tidak memungkinkan pelaksanaannya di sekolah, maka subjek uji coba dialihkan kepada mahasiswa pendidikan fisika semester 4 yang diasumsikan mempunyai karakteristik yang sama dengan peserta didik kelas X.
8. Kevalidan LKPD secara empiris bio baterai sebagai *alternative electricity* ditentukan oleh 2 orang ahli validator, yaitu 1 dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung dan 1 guru SMA melalui video uji coba alat.
9. Kevalidan LKPD secara teoritis ditentukan oleh 3 orang *expert* yaitu 2 dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung dan 1 guru SMA melalui pengisian angket uji validitas.

10. Kepraktisan LKPD dinilai melalui 3 aspek, yaitu uji keterbacaan, uji persepsi guru dan uji respon peserta didik.
11. Keefektifan LKPD ditinjau dari peningkatan hasil belajar keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM peserta didik pada kelompok kecil.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Lembar Kerja Peserta didik (LKPD)

Lembar kerja peserta didik merupakan salah satu alternatif pembelajaran yang tepat bagi peserta didik. Karena lembar kerja peserta didik membantu menambah informasi tentang konsep yang dipelajari melalui kegiatan pembelajaran yang sistematis. Lembar kerja peserta didik berisi petunjuk praktikum, percobaan yang dapat dilakukan dirumah, materi untuk diskusi, dan soal-soal latihan maupun segala jenis petunjuk yang mampu mengajak peserta didik beraktivitas dalam proses pembelajaran. Lembar kerja peserta didik membantu peserta didik agar lebih aktif dan menghindari sifat pasif (Choirudin *et al.*, 2019). Sehingga dengan LKPD yang berkualitas akan menimbulkan minat baca dan minat belajar peserta didik. Lembar kerja peserta didik memiliki unsur yang sama dalam proses pembelajaran. Prastowo (2019) menyebutkan bahan ajar ini memiliki unsur yang lebih sederhana dibandingkan modul, namun lebih kompleks dibandingkan buku. LKPD terdiri dari enam unsur utama yang meliputi: 1) Judul, 2) Petunjuk belajar, 3) Kompetensi dasar atau materi pokok, 4) Informasi pendukung, 5) Tugas-tugas dan langkah kerja, dan 6) Penilaian.

Daryanto & Dwicahyono (2014: 176) menyebutkan unsur-unsur LKPD secara umum meliputi: 1) Judul, mata pelajaran, semester, tempat, 2) Petunjuk belajar, 3) Kompetensi yang akan dicapai, 4) Indikator, 5) Informasi pendukung, 6) Tugas-tugas dan langkah kerja, 7) Penilaian

Menurut Suwartaya *et al.*, (2020). LKPD terdiri dari beberapa komponen: 1) Kata pengantar; 2) Daftar isi; 3) Pendahuluan, yang mencakup analisis atau daftar tujuan pembelajaran dan indikator pencapaian; 4) Bab I, yang berisi ringkasan materi atau penegasan materi pokok bahasan tersebut; 5) Lembar kerja, yang berisi soal-soal atau penugasan yang akan dikerjakan oleh siswa; 6) Bab II, yang berisi ringkasan materi atau penegasan materi pokok bahasan tersebut; 7) Lembar kerja; 8) Daftar pustaka

Sedangkan menurut Rustaman dan Wulan (dalam Vikram *et al.*, 2020). LKPD yang baik terdiri dari beberapa komponen: 1) Tujuan praktikum, 2) Pendahuluan teori, 3) Alat dan bahan, 4) Langkah kerja, 5) Perangkaian alat, 6) Interpretasi hasil pengamatan, 7) Analisis data, 8) Kesimpulan pada bagian akhir.

Karakteristik LKPD menurut Widianti (2023) dapat dikatakan baik apabila didalam terdapat karakteristik sebagai berikut.

- 1) Pada kegiatan pembelajaran peserta didik, ada beberapa aspek yang harus diperhatikan: 1) Kesesuaian kegiatan pembelajaran dengan indikator pembelajaran, 2) Kesesuaian kegiatan pembelajaran dengan langkah-langkah kerja, 3) Kebermanfaatan pembelajaran dengan kejelasan bahasa, 4) Pembelajaran yang dapat menghidupkan kegiatan belajar peserta didik.
- 2) Pada penyajian materi, ada beberapa aspek yang harus diperhatikan: 1) Kebenaran isi materi, 2) Komponen LKPD adalah materi yang memiliki esensial tinggi, 3) Pengelompokan materi yang logis, 4) Materi yang digunakan sesuai .
- 3) Penyajian bahasa mencakup hal-hal berikut: 1) Kebenaran dalam penggunaan tata bahasa, 2) Kemudahan dalam penggunaan bahasa dan kesesuaian dengan tingkat perkembangan peserta didik, 3) Dapat menjadi motivasi dan menarik minat peserta didik untuk belajar, 4) Struktur kalimat yang sederhana dan dapat dipahami, 5) Kalimat yang digunakan dalam soal jelas dan tidak mengandung arti ganda, 6)

Petunjuk kerja yang jelas dan mudah dipahami, 7) Penggunaan bahasa yang komunikatif.

Berdasarkan penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa LKPD memiliki ciri-ciri seperti muatan atau ringkasan materi yang dilengkapi dengan petunjuk kegiatan pembelajaran yang ditampilkan dengan cara yang menarik sehingga peserta didik dapat memahami materi dengan mudah dan berpartisipasi secara aktif dalam kegiatan pembelajaran.

2.1.2 Pembelajaran Berbasis Proyek (PBP)

Sejak reformasi pendidikan sains konstruktivis dan gerakan pendidikan progresif, pembelajaran berbasis proyek (PBP) telah berkembang. Fondasi kurikuler dan psikologis untuk pembelajaran berbasis proyek diletakkan oleh Dewey dan pendidik progresif lainnya. Nilai utamanya adalah pembelajaran yang berpusat pada anak, pembelajaran dengan melakukan, dan penerapan pengajaran sekolah di rumah (Diawati *et al.*, 2017). PBP merupakan pembelajaran kontekstual berdasarkan pertanyaan atau masalah yang menantang, melibatkan peserta didik dalam memilih topik, mempertimbangkan pendekatan, merancang, menyelesaikan masalah, membuat keputusan, memberikan kesempatan untuk bekerja secara relatif independen untuk waktu yang lama, dan menghasilkan produk nyata terkait masalah (Diawati *et al.*, 2017).

Model PBP melibatkan peserta didik secara langsung dalam kegiatan penelitian seperti merancang, membuat keputusan, dan menampilkan produk (Abidin, 2016). PBP dianggap sebagai jenis pembelajaran berbasis inkuiri di mana pertanyaan dan masalah praktis dalam praktik dunia nyata (Al-Balushi & Al-Aamri, 2014) yang mengarah pada pengalaman belajar yang bermakna (Wurdinger *et al.*, 2007). PBP dapat meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, seperti keterampilan berpikir kritis dan kreatif, dan pemecahan masalah (Bell, 2010; Kokotsaki *et al.*, 2016).

PBP menurut Colley dalam Diawati *et al.*, (2018) terdiri dari 5 tahap pembelajaran, yaitu tahap mengidentifikasi dan menentukan proyek, merencanakan proyek, melaksanakan proyek, mendokumentasikan dan melaporkan proyek, serta mengevaluasi dan menjalankan proyek.

Berdasarkan penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa proyek yang dilakukan peserta didik sebagian besar dilakukan di luar ruang kelas. Peserta didik menerima LKPD untuk memimpin proyek mereka. Selama proyek, mereka secara teratur berkonsultasi dengan guru tentang rencana proyek, kemajuan, dan kendala. Salah satu tugas guru adalah memfasilitasi, menasihati, mengarahkan, dan mengawasi peserta didik. Penelitian ini menggunakan aktivitas model pembelajaran berbasis proyek menurut Colley (2008).

2.1.3 Teori Belajar

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

2.1.3.1 Teori Konstruktivisme Sosial

Menurut teori belajar konstruktivisme, seseorang dapat membentuk (konstruk) pengetahuannya sendiri melalui proses belajar yang dilakukannya sendiri tanpa dituntun oleh orang lain (Setiyaningsih & Subrata, 2023). Sehingga pengetahuan tidak diberikan atau ditransfer dari orang ke orang lain tetapi diperoleh dari hasil usaha seseorang itu sendiri (Suryana *et al.*, 2022). Interaksi sosial antara individu dan lingkungan mereka adalah konsep dasar konstruktivisme dalam belajar.

Menurut Vigotsky belajar terdiri dari dua komponen penting. Pertama, belajar secara biologi sebagai proses dasar. Kedua, belajar adalah proses psikososial sebagai proses yang lebih tinggi yang berhubungan dengan lingkungan sosial budaya (Wastyanti, 2021). Sehingga munculnya perilaku seseorang karena *intervening* kedua elemen tersebut. Saat seseorang menerima sinyal dari lingkungannya, tubuhnya (alat indranya) menyerap sinyal tersebut, dan kemudian saraf otaknya memproses informasi yang telah diterima (Sariani *et al.*, 2021). Belajar terdiri dari proses fisik-psikologis yang melibatkan keterlibatan saraf otak dalam mengelola informasi yang diperoleh dan keterlibatan alat indra dalam menyerap stimulus (Haryanto, 2020).

Pengetahuan yang telah mereka peroleh sebagai hasil dari proses elemen dasar ini akan berkembang ketika mereka berinteraksi dengan lingkungan sosial budaya mereka (Faqumala & Pranoto, 2020). Oleh karena itu, Vigotsky menekankan interaksi sosial sebagai bagian penting dari proses pembelajaran individu. Belajar dimulai ketika seorang anak berada dalam perkembangan *zona proximal*, yaitu ketika seorang anak melakukan perilaku sosial. *Zone* ini juga dapat dianggap sebagai seorang anak yang tidak dapat melakukan pekerjaannya sendiri tetapi memerlukan bantuan kelompok atau orang dewasa (Suardipa, 2020). Dalam pembelajaran, *zone proximal* ini dapat dipahami pula sebagai selisih antara apa yang bisa dikerjakan seseorang dengan kelompoknya atau dengan bantuan orang dewasa (Sariani *et al.*, 2021)

Menurut Vigotsky fungsi mental tingkat tinggi biasanya ditemukan dalam komunikasi dan percakapan, serta dalam kerja sama di antara individu (proses sosialisasi), sebelum akhirnya masuk ke dalam diri individu (internalisasi) (Islamia *et al.*, 2020). Oleh karena itu, ketika seseorang berbagi pengetahuan dengan orang lain, dan akhirnya pengetahuan itu masuk menjadi pengetahuan

personal, disebut dengan “*private speech*”. Menurut Vigotsky kesadaran adalah hasil akhir dari sosialisasi. Misalnya, saat belajar bahasa, ucapan pertama kita dengan orang lain adalah untuk berkomunikasi, akan tetapi setelah kita menguasainya, ucapan tersebut akan terinternalisasi dalam diri kita dan menjadi “*inner speech*” atau “*private speech*”. *Private speech* dapat diamati saat seorang anak kecil berbicara dengan dirinya sendiri, terutama ketika mereka menghadapi masalah yang sulit. Namun, penelitian menunjukkan bahwa anak-anak yang sering menggunakan *private speech* saat mengatasi persoalan lebih efektif memecahkan masalahnya dari pada yang tidak menggunakan *private speech* (Sariani *et al.*, 2021).

Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa teori konstruktivisme menekankan bagaimana individu membangun pengetahuan mereka sendiri melalui interaksi sosial antara individu dengan lingkungannya. Interaksi sosial ini penting untuk mengembangkan pemahaman pribadi dan membantu peserta didik dalam memecahkan masalah dengan lebih baik. LKPD yang dikembangkan oleh peneliti sejalan dengan teori konstruktivis, karena LKPD ini lebih menekankan pada pembelajaran yang fokus pada peserta didik (*student center*). Dengan demikian, LKPD ini memungkinkan peserta didik untuk mengeksplorasi, bekerja sama, dan memahami representasi yang berbeda, seperti teks, gambar, dan video, sehingga meningkatkan pemahaman mereka tentang materi *alternative energy*.

2.1.3.2 Teori Belajar Kognitif

Istilah “*cognitive of theory learning*” adalah suatu bentuk teori belajar yang menganggap belajar sebagai suatu proses berpikir yang terfokus (aktivitas mental). Teori perkembangan kognitif Jean Piaget atau teori Piaget menyatakan bahwa kecerdasan berubah

seiring pertumbuhan anak. Piaget (dalam Syah, 2003: 26) membagi tahap-tahap perkembangan kognitif menjadi 4, yaitu sebagai berikut.

- a) Tahap sensorimotorik (umur 0-2 tahun). Ciri utama perkembangan didasarkan pada tindakan dan dilakukan secara bertahap. Selama dua tahun pertama kehidupan bayi, dia memiliki kemampuan untuk sedikit memahami lingkungannya melalui pengamatan, meraba, memegang, mengecap, mencium, dan menggerakkan. Dengan kata lain, mereka bergantung pada kemampuan sensorik dan motorik mereka. Menurut teori Piaget, keinginan untuk mengeksplorasi dunia sekitar dan beberapa refleks alami dibawa ke dalam tubuh seorang bayi saat lahir.
- b) Tahap preoperasional (umur 2-7/8 tahun). Penggunaan simbol atau tanda bahasa dan mulai berkembangnya konsep-konsep intuitif merupakan ciri perkembangan utama pada tahap ini. Pada tahap ini, kecenderungan anak-anak untuk bergantung sepenuhnya pada pemahamannya tentang dunia luar sangat jelas. Dengan bahasa dan ingatan yang berkembang, anak-anak dapat mengingat banyak hal tentang dunia sekitarnya. Anak-anak tidak menyadari bahwa orang lain memiliki perspektif yang berbeda dari mereka karena egosentrisnya. Ini adalah tahapan kedua dari empat tahapan. Dengan melihat urutan permainan, Piaget dapat menunjukkan bahwa jenis fungsi psikologis baru yang kualitatif muncul setelah dua tahun. Menurut teori Piaget, pemikiran (pra) operasi adalah melakukan tindakan mental terhadap sesuatu. Ciri dari tahapan ini adalah operasi mental yang jarang dan secara logika tidak memadai. Dalam tahapan ini, anak belajar menggunakan dan merepresentasikan objek dengan gambaran dan kata-kata. Pemikirannya masih bersifat egosentris: anak kesulitan untuk melihat dari sudut pandang orang lain.

- c) Tahap operasional kongkret (umur 7/8-11/12 tahun). Pada tahap ini, ciri utama perkembangan adalah mulai menggunakan aturan yang jelas dan logis dan menunjukkan adanya kekekalan dan reversibel. Anak-anak sudah memiliki kemampuan untuk berpikir logis pada tahap ini. Anak-anak yang mampu berpikir secara operasi konkrit telah mempelajari pelajaran penting bahwa karakteristik yang ditangkap oleh pancaindra, seperti besar dan bentuk, dapat berbeda tanpa terpengaruh oleh kuantitas, ketika mereka mencoba memahami alam sekitarnya. Anak-anak sering mengikuti logika atau penalaran, tetapi mereka jarang tahu jika mereka salah. Dari empat tahapan, ini adalah tahapan ketiga. Mereka muncul antara enam dan dua belas tahun dan memiliki kemampuan untuk berpikir logis.
- d) Tahap operasional formal (umur 11/12-18 tahun). Ciri-ciri pokok perkembangan pada tahap ini adalah anak sudah mampu berpikir abstrak dan logis dengan menggunakan pola berpikir *kemungkinan*. Selama tahap ini anak sudah mampu berpikir abstrak yaitu berpikir mengenai gagasan. Anak dengan operasi formal ini sudah dapat memikirkan beberapa alternatif pemecahan masalah. Mereka dapat mengembangkan hukum-hukum yang berlaku umum dan pertimbangan ilmiah. Pemikirannya tidak jauh karena selalu terikat kepada hal-hal yang bersifat konkrit, mereka dapat membuat hipotesis dan membuat kaidah mengenai hal-hal yang bersifat abstrak. Tahap operasional formal adalah periode terakhir perkembangan kognitif dalam teori Piaget. Tahap ini mulai dialami anak dalam usia sebelas tahun (saat pubertas) dan terus berlanjut sampai dewasa. Karakteristik tahap ini adalah diperolehnya kemampuan untuk berpikir secara abstrak, menalar secara logis, dan menarik kesimpulan dari informasi yang tersedia. Dalam tahapan ini, seseorang dapat memahami hal-hal seperti cinta, bukti logis, dan nilai.

Menurut (Herlina *et al.*, 2020), teori kognitif digunakan untuk mengamati perilaku seseorang, menjelaskan pembelajaran berbasis otak, dan meninjau bagaimana memori membantu pembelajaran. Fokusnya adalah pada proses psikologis di balik pemrosesan informasi baru, seperti memperhatikan penjelasan, menafsirkan grafik, dan menghubungkan ide baru dengan pengetahuan sebelumnya. Aspek utama teori ini melibatkan interaksi antara komponen psikologis dan informasi yang diproses melalui jaringan kompleks (Baron & Byrne, 1987).

2.1.3.3 Teori Belajar Bermakna Ausubel (*Meaningful Learning*)

Pembelajaran bermakna adalah proses dimana informasi baru (pengetahuan baru) dihubungkan dengan cara yang tidak sewenang-wenang dan substantif (non literal) ke struktur kognitif pelajar (Agra *et al.*, 2019). Dengan demikian, dari interaksi yang berurutan, sub bagian yang diberikan secara progresif memperoleh makna baru, menjadi lebih kaya, lebih halus, lebih berbeda, dan mampu berfungsi sebagai jangkar untuk pembelajaran baru yang bermakna (Hidayatul Muamanah & Suyadi, 2020). Pembelajaran bermakna didasarkan pada gagasan bahwa pengetahuan baru lebih baik diasimilasi ketika dibangun di atas ide-ide sebelumnya, yang disebut subsumer. Dalam proses ini, pengetahuan baru memperoleh makna bagi subjek dan pengetahuan sebelumnya memperoleh makna baru atau stabilitas kognitif yang lebih besar (Agra *et al.*, 2019).

Terjadinya pembelajaran bermakna melalui keberadaan tiga faktor utama, pengetahuan sebelumnya peserta didik, penggunaan materi yang berpotensi signifikan dan kemauan peserta didik untuk belajar (Ausubel *et al.*, 1968). Hasil dari kebermaknaan belajar tersebut dapat dilihat dengan adanya keterkaitan antara teori-teori, fakta fakta, atau keadaan baru yang sesuai didalam kerangka kognitif

peserta didik. Pembelajaran bukan hanya dengan menghafal materi-materi pelajaran atau peristiwa-peristiwa yang terjadi, namun belajar merupakan kegiatan yang didalamnya menghubungkan seluruh konsep yang diajarkan sehingga peserta didik tidak akan mudah lupa dan agar pembelajaran terlaksana dengan mudah (Hidayatul Muamanah & Suyadi, 2020).

Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa pembelajaran bermakna terjadi ketika materi baru dihubungkan dengan materi sebelumnya sehingga peserta didik dapat memahami konsep secara lebih mendalam. Penyusunan materi dengan baik dan penggunaan *advance organizer*, yang merangkum materi inti, membantu memudahkan proses pembelajaran dan mendorong peserta didik untuk mengatur kemajuan belajarnya secara efektif.

2.1.3.4 Teori Andragogi

Andragogi adalah istilah yang sering digunakan dalam pembelajaran orang dewasa, baik dalam pendidikan nonformal (di luar sekolah) maupun formal. Pada pendidikan nonformal teori dan prinsip andragogi digunakan sebagai landasan proses pembelajaran pada berbagai satuan, bentuk dan tingkatan (*level*) pendidikan nonformal. Pada pendidikan formal andragogi seringkali digunakan pada proses pembelajaran pada tingkat atau level pendidikan menengah ke atas. Dalam menerapkan konsep, prinsip andragogi pada proses pembelajaran sebenarnya tidak secara mutlak harus berdasar pada bentuk, satuan tingkat atau level pendidikan, akan tetapi yang paling utama adalah berdasar pada kesiapan peserta didik untuk belajar. Kondisi itu terjadi karena kita menganggap bahwa semua murid, peserta didik (warga belajar) itu adalah sebagai orang dewasa yang diasumsikan memiliki kemampuan yang aktif dalam merencanakan arah belajar, memiliki bahan, memikirkan cara terbaik untuk belajar, menganalisis dan

menyimpulkan serta mampu mengambil manfaat dari belajar atau dari sebuah proses pendidikan.

Secara alamiah, orang dewasa memiliki kemampuan menetapkan tujuan belajar, mengalokasi sumber belajar, merancang strategi belajar dan mengevaluasi kemajuan terhadap pencapaian tujuan belajar secara mandiri. Lebih jauh Tough menyatakan bahwa: Peserta didik dewasa lebih dimungkinkan terlibat dalam *self initiated education* atau *self directed education*, ketimbang dalam *self directed learning*. Proses dan aktivitasnya dideskripsikan sebagai *self directed learning* atau *self directed education* atau *self teaching, learning projects or major learning efforts* (Brookfield, 1986: 47). Dari perspektif waktu dan orientasi belajar, orang dewasa memandang belajar itu sebagai suatu proses pemahaman dan penemuan masalah serta pemecahan masalah (*problem finding and problem solving*), baik berhubungan dengan masalah kekinian maupun masalah kehidupan di masa depan. Orang dewasa lebih mengacu pada tugas atau masalah kehidupan (*task or problem oriented*). Sehingga orang dewasa akan belajar mengorganisir pengalaman hidupnya (Sukmayasa, 2023).

Berdasarkan kondisi-kondisi itu dan konsepsi andragogi, istilah pendidikan orang dewasa dapat diartikan sebagai Pendidikan yang ditujukan untuk peserta didik yang telah dewasa atau berumur 18 tahun ke atas atau telah menikah dan memiliki kematangan, dan untuk memenuhi tuntutan tugas tertentu dalam kehidupannya.

2.1.4 Keterampilan Berpikir Kritis

Dalam kurikulum merdeka pembelajaran proses sains sudah sejalan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 yang salah satunya menuntut peserta didik untuk menguasai kemampuan berpikir kritis. Keterampilan berpikir kritis merupakan berpikir rasional (masuk akal) dan refleksi berfokus pada keyakinan dan keputusan yang akan dilakukan (Khalifah *et al.*, 2021). Berpikir kritis akan membantu peserta didik membuat pilihan atau menangani masalah yang dihadapi (Firdaus & Wilujeng, 2018). Peserta didik dengan kemampuan berpikir kritis tinggi memiliki kemampuan pemecahan masalah yang tinggi daripada peserta didik dengan kemampuan berpikir kritis rendah (Hunaepi *et al.*, 2020).

Norris dan Ennis berpendapat bahwa “berpikir kritis merupakan pemikiran yang masuk akal dan reflektif yang berfokus untuk pengambilan keputusan mengenai apa yang harus dilakukan. Tujuan berpikir kritis adalah mengevaluasi aksi atau kepercayaan terbaik. Ennis (1996) memfokuskan kerangka mereka terhadap proses berpikir yang melibatkan pemerolehan informasi dan mengaplikasikan kriteria yang tepat untuk menilai jalan berbeda dari suatu aksi atau sudut pandang.

Memungkinkan peserta didik untuk mengembangkan dan mengevaluasi pendapat dan keyakinan mereka sendiri, berpikir kritis adalah sebuah proses yang sistematis. Berpikir kritis dapat didefinisikan sebagai proses mental untuk mengevaluasi atau menganalisis informasi. Pengamatan, pengalaman, proses deduksi-induksi, atau komunikasi adalah beberapa sumber informasi yang dapat digunakan. Berpikir kritis menunjukkan karakter khusus yang dapat diidentifikasi dengan melihat bagaimana seseorang menangani masalah. Informasi dan argumen karakter terlihat dalam cara mereka bertindak, berdebat, dan memanfaatkan pengetahuan dan pengetahuan mereka. Proses berpikir kritis terdiri dari enam kemampuan utama, diantaranya adalah interpretasi, analisis, evaluasi, inference, penjelasan, dan regulasi diri (Facione, 1997).

Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa berpikir kritis adalah seni menganalisis gagasan berdasarkan penalaran logis. Berpikir kritis bukanlah berpikir lebih keras, melainkan berpikir lebih baik. Seseorang yang mengasah kemampuan berpikir kritis biasanya memiliki tingkat keingintahuan (*intellectual curiosity*) yang tinggi. Oleh karena itu, sangat penting untuk diterapkan dalam kegiatan pembelajaran. Penelitian ini menggunakan kerangka berpikir menurut Norris dan Ennis (Stiggins, 1997) tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Kerangka Berpikir menurut Norris dan Ennis (Stiggins, 1997)

No. (1)	Langkah dalam Proses (2)	Berpikir yang diperlukan (3)
1.	Melakukan Klarifikasi Dasar terhadap Masalah	Memahami isu dengan cermat Menganalisis poin dari sudut pandang Mengajukan dan menjawab pertanyaan yang mengklarifikasi dan menantang
2.	Mengumpulkan Informasi Dasar	Menilai kredibilitas berbagai sumber informasi Mengumpulkan dan menilai informasi
3.	Membuat Kesimpulan	Membuat dan menilai keputusan dengan menggunakan informasi yang tersedia Membuat dan menilai tindakan yang akan dilakukan Membuat dan menilai <i>value judgement</i>
4.	Melakukan Klarifikasi Lanjutan	Mendefinisikan istilah dan menilai definisi sesuai kebutuhan Mengidentifikasi asumsi
5.	Mendapatkan Kesimpulan Terbaik	Memutuskan suatu tindakan Mengkomunikasikan keputusan kepada orang lain

Kerangka berpikir kritis Norris dan Ennis menjelaskan proses penalaran secara kompleks dan memerlukan penggunaan berbagai proses berpikir secara terintegrasi. Untuk menilai penalaran menurut kerangka kerja Norris dan Ennis, kita membutuhkan suatu asesmen. Penilaian kinerja dapat membantu kita dalam menilai pemikiran kritis, yaitu dengan mengajukan suatu permasalahan kepada peserta didik untuk ditangani secara individu atau kelompok, lalu mengamati prosesnya dari jarak jauh dan menilai kriteria kinerja keterampilan berpikir kritis mereka. Selain itu, penalaran peserta didik juga dapat dinilai melalui komunikasi pribadi dengan mengajukan beberapa pertanyaan yang ditempatkan secara

strategis saat mereka mengatasi suatu masalah. Dengan kedua cara tersebut, kita dapat menilai keterampilan berpikir kritis peserta didik.

2.1.5 Keterampilan STEM (*STEM Skills*)

Upaya untuk mendapatkan lulusan yang memiliki karakteristik unggul dalam mengaitkan suatu bidang keilmuan sains dengan kehidupan nyata dapat dilakukan melalui pendidikan yang bersifat komprehensif. Dilansir dari *Texas Education Agency* (2020) keterampilan STEM mencakup kefasihan dalam keterampilan abad 21 terkait dengan kesiapan karir dan pengembangan tenaga kerja. *Science, Technology, Engeneering and Mathematics* (STEM) merupakan pendekatan yang baru dalam perkembangan dunia pendidikan yang memadukan lebih dari satu disiplin ilmu. Menurutnya kurikulum STEM melibatkan “4C” dari keterampilan abad 21, yaitu meliputi *creativity* (kreativitas), *critical thinking* (berpikir kritis), *collaboration* (kolaborasi), dan *communication* (komunikasi).

Menurut Beers pembelajaran STEM merupakan perpaduan antara ilmu pengetahuan alam dengan teknologi, teknik dan matematika yang bermanfaat untuk meningkatkan keterampilan abad 21 sesuai dengan pernyataan (Santoso & Mosik, 2019). Adapun kelebihan dalam pendekatan pembelajaran yang membuat peserta didik menjadi pemecah masalah, penemu, inovator, mampu mandiri, pemikir yang logis, paham teknologi, mampu menghubungkan budaya dan sejarahnya pendidikan, dan mampu menghubungkan pendidikan STEM dengan dunia kerja. Kemudian, ada beberapa kekurangan dan hambatan dalam mengimplementasikan, mengingat bahwa pendekatan STEM ini adalah pendekatan yang merujuk kepada empat komponen ilmu, yaitu pengetahuan, teknologi, teknik, dan matematika, sehingga terkadang peserta didik tidak dapat mengaitkan keempat komponen tersebut dalam proses pembelajaran (Ishak *et al.*, 2021). Keterampilan STEM mengacu pada kemampuan yang diperoleh peserta didik melalui penerapan pendekatan STEM. Keterampilan ini tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Keterampilan STEM

No.	Keterampilan STEM	Uraian
1.	Keterampilan berpikir kritis	Mampu menganalisis masalah, mengidentifikasi solusi, dan mengevaluasi keputusan.
2.	Pemecahan masalah (<i>problem solving</i>)	Kemampuan untuk merancang dan menerapkan solusi atas permasalahan yang ada, terutama masalah yang kompleks dan terkait teknologi atau teknik.
3.	Keterampilan teknis	Kemampuan menggunakan alat, teknologi, dan metode yang terkait dengan sains, teknik, dan matematika.
4.	Kreativitas dan inovasi	Kemampuan untuk berpikir secara kreatif dalam merancang produk atau proses baru.
5.	Kolaborasi	Kemampuan bekerja sama dengan orang lain, sering kali dalam tim multidisiplin.
6.	Komunikasi	Mampu menyampaikan ide, temuan, atau solusi dengan jelas dan efektif, baik secara lisan maupun tertulis.

(Agency, 2020)

Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa pendidikan STEM mencakup serangkaian keterampilan yang saling terkait dengan keterampilan abad 21 dan diperlukan untuk memecahkan masalah yang kompleks serta berinovasi di dunia nyata. Keterampilan STEM adalah hasil dari penerapan pendekatan tersebut dalam pendidikan. Dengan menguasai keterampilan ini, peserta didik dapat berkontribusi secara efektif dalam bidang-bidang yang semakin penting dalam era teknologi dan inovasi modern saat ini. Oleh karena itu, sangat penting untuk diterapkan dalam kegiatan pembelajaran.

2.1.6 Karakteristik Kulit Buah Naga Merah

Kulit buah naga merah (*Hylocereus Polyrhizus*) merupakan produk sampingan utama yang tersisa dari konsumsi segar atau pengolahan buah. Kulit buah naga merah mencakup sekitar seperempat dari seluruh buah. Kulit buah naga merah mungkin mengandung beberapa komponen yang berharga. Oleh karena itu, sifat-sifatnya perlu dimanfaatkan dan dipahami (Liaotrakoon, 2013). Sifat fisikokimia kulit buah naga merah ditampilkan dalam Tabel 3.

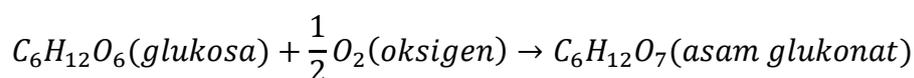
Tabel 3. Sifat Fisikokimia Kulit Buah Naga

Karakteristik	Buah Naga Berdaging Putih	Buah Naga Berdaging Merah
pH	4.68 ± 0.005 ^a	4.65 ± 0.004 ^a
Dry Matter (g/100 g)	9.19 ± 0.24 ^a	6.55 ± 0.28 ^b
Vitamin C (mg/ 100 g)	5.06 ± 0.17 ^a	12.95 ± 0.09 ^b
Betacyanin (mg/ 100 g)	10.19 ± 0.24 ^a	19.98 ± 0.32 ^b
Colour Parameter		
<i>L*</i> (<i>lightness</i>)	31.05 ± 0.28 ^a	30.48 ± 0.23 ^a
<i>a*</i> (<i>redness</i>)	17.98 ± 0.54 ^a	17.64 ± 0.72 ^a
<i>b*</i> (<i>yellowness</i>)	-2.41 ± 0.12 ^a	-0.99 ± 0.16 ^b

(Liaotrakoon, 2013)

Nilai pH (4,7) dan bahan kering (7-9 g/100 g berat segar) dari kedua kulit buah naga merah memiliki nilai yang sebanding. Kandungan vitamin C pada kulit buah naga merah berdaging merah sekitar dua setengah kali lipat dibandingkan dengan buah naga berdaging putih (13 mg/100 g dibandingkan dengan 5 mg/100 g). Tidak ditemukan perbedaan yang signifikan antara nilai *L** (tingkat kecerahan) dan *a** (tingkat kemerahan) pada kedua kulit buah naga merah, sedangkan nilai *b** (tingkat kekuningan) pada kulit buah naga merah berdaging merah lebih tinggi dibandingkan dengan kulit buah naga merah berdaging putih (Liaotrakoon, 2013).

Prinsip kerja dan persamaan reaksi kimia biobaterai dari kulit buah naga sebagai berikut.



Dari reaksi keseluruhan di atas menunjukkan bahwa: 1) Glukosa yang berasal dari kulit buah naga memberikan elektron setelah mengalami oksidasi. 2) Oksigen dari udara menangkap elektron dan ion H^+ , menjalani reduksi. Hasil akhirnya adalah asam glukonat dan proses ini melepaskan energi listrik. Biobaterai dari kulit buah naga memanfaatkan kandungan senyawa organik (terutama glukosa dan antioksidan) untuk menghasilkan listrik melalui reaksi redoks, di mana senyawa organik mengalami oksidasi di anoda, melepaskan elektron, dan oksigen direduksi di katoda menjadi air.

2.1.7 Energi Alternatif (*Alternative Energy*)

Energi sangat penting untuk pertumbuhan ekonomi dan perkembangan sumber daya manusia dan sangat penting untuk keberlangsungan hidup setiap makhluk (Siagian *et al.*, 2023). Bahan bakar minyak atau energi fosil merupakan salah satu sumber energi yang terbatas dan bersifat tak terbarukan (*non renewable energy sources*) yang selama ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan pembangkitan energi listrik. Kebutuhan energi di masa depan akan sangat tinggi dan sumber energi konvensional lambat laun akan habis sehingga potensi penggunaan *alternative energy* menjadi tinggi (Yuwono *et al.*, 2021).

Istilah "*alternative energy*" biasanya mengacu pada sumber energi terbarukan yang tidak berpolusi sebagai pengganti bahan bakar fosil konvensional seperti batu bara, minyak, dan gas alam. Sumber energi seperti surya, angin, dan air adalah contoh sumber energi terbarukan. Istilah "*alternative energy*" hampir sama dengan istilah "energi terbarukan" dan "energi bersih". Karena sumber energinya tidak terbatas seperti bahan bakar fosil, energi alternatif dianggap "terbarukan". Bahan bakar fosil membutuhkan ratusan juta tahun untuk pulih kembali setelah dibakar (Siagian *et al.*, 2023).

Energi alternatif merupakan pengganti dari energi yang berbahan konvensional. Energi terbarukan merupakan energi yang tidak dikhawatirkan jumlahnya karena energi ini berasal dari alam yang berkelanjutan. Energi terbarukan dan energi alternatif sangat diperlukan untuk mengantisipasi semakin berkurangnya bahan bakar minyak dan batu bara. Semakin meningkatnya populasi manusia dan industri maka kebutuhan energi listrik semakin melonjak, sehingga memicu munculnya berbagai alternatif (Yuwono *et al.*, 2021).

2.1.8 *Alternative Electricity (Listrik Alternatif)*

Permasalahan sumber listrik sering terjadi, terutama pada masyarakat pedesaan yang belum mendapatkan aliran listrik secara merata. Hal ini mengganggu aktivitas masyarakat pedesaan. Selain faktor jumlah penduduk, aktivitas masyarakat juga mempengaruhi kebutuhan sumber energi listrik. Semakin tinggi aktivitas ekonomi menyebabkan kebutuhan energi listrik meningkat pesat (Rajagukguk *et al.*, 2015). Energi listrik sangat penting dan digunakan setiap hari. Penelitian energi listrik alternatif sangat penting karena konsumsi energi listrik rumah tangga dan bisnis telah berkembang (Sigalingging & Sitorus, 2024).

Energi terbarukan sangat penting dalam upaya pengadaan energi listrik alternatif (Supian *et al.*, 2015). Salah satu metode untuk menghasilkan sumber energi listrik adalah dengan melakukan reaksi elektrokimia dengan dua elektroda dan larutan elektrolit yang dapat menghasilkan arus dan tegangan (Brady, 1999). Ion-ion akan bergerak dari larutan elektrolit ke dua elektroda dan menyebabkan elektron berpindah dari anoda ke katoda yang menghasilkan keluaran arus dan tegangan (Hendri *et al.*, 2015). Dengan demikian, bio baterai yang terbuat dari kulit buah dengan elektrolit dapat menyediakan energi listrik yang berkelanjutan dan bermanfaat bagi masyarakat.

Bio baterai menghasilkan listrik dari elemen biologis atau anorganik. Konversi bio baterai menggunakan bahan konduktivitas anoda dan katoda untuk menghasilkan perbedaan potensial dan arus listrik (Sigalingging & Sitorus, 2024). Ada perangkat yang memiliki kemampuan untuk mengubah energi kimia yang ada dalam bahan aktif menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia yang dikenal sebagai reduksi dan oksidasi. Penelitian ini menggunakan baterai yang dibuat dari bahan-bahan yang ditemukan dari lingkungan. Baterai ini bekerja seperti baterai biasa di mana baterai ini memiliki dua elektrode yang masing-masing terdiri dari Al (aluminium) sebagai anode (-) dan batang karbon sebagai katode (+). Karena bio baterai

terbuat dari bahan yang dapat teruai, mereka tidak mencemari lingkungan, yang sangat baik untuk ekosistem (Sigalingging & Sitorus, 2024).

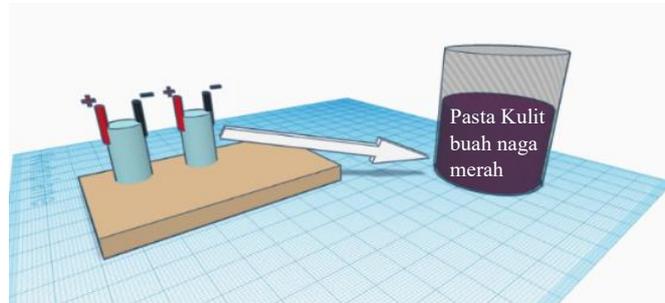
Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan baterai yang terbuat dari bahan-bahan yang dapat ditemukan di lingkungan sekitar, seperti Al (aluminium) sebagai anode dan karbon batang sebagai katode. Peneliti menemukan bahwa pengolahan limbah kulit naga merah dapat dijadikan sebagai sumber energi listrik alternatif sebagai bentuk daur ulang terhadap baterai yang merupakan limbah berbahaya bagi manusia.

2.1.9 Alat Praktikum *Alternative Energy*

Pembelajaran fisika seringkali membutuhkan media tambahan untuk menjelaskan materi melalui kegiatan eksperimen, salah satunya alat praktikum (Herlina *et al.*, 2022). Pembelajaran menggunakan alat praktikum berarti mengoptimalkan semua panca indra peserta didik untuk meningkatkan kemampuan mereka untuk belajar dengan menggunakan pikirannya secara realistis dan logis, serta mendengar, melihat, dan meraba.

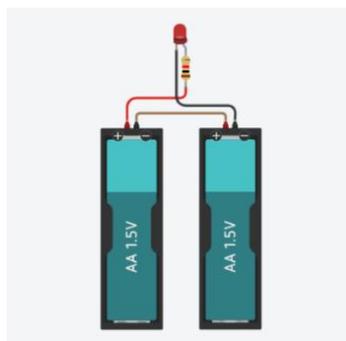
Menurut Amin & Dey (2005), ketika buah dan sayuran mulai membusuk, terjadi proses kimia yang dikenal sebagai fermentasi. Fermentasi merupakan proses memproduksi energi di dalam sel dalam keadaan tanpa oksigen atau anaerob (Yasa *et al.*, 2019). Selama proses ini, buah-buahan dan sayuran menghasilkan asam lebih yang meningkatkan kekuatan elektrolit dalam buah dan sayuran. Sehingga, buah yang busuk menjadi lebih reaktif dengan elektroda dan menghasilkan tegangan yang lebih tinggi daripada buah yang segar (Safitri *et al.*, 2023). Keasaman suatu bahan mempengaruhi daya hantar listriknya. Baterai merupakan sebuah sarana yang mengubah energi kimia yang terkandung dalam bahan aktif secara langsung menjadi energi listrik melalui reaksi reduksi dan oksidasi elektrokimia (redoks), yang terjadi pada elektroda (Linden dalam Safitri, 2023). Konduktivitas listrik larutan dipengaruhi oleh jumlah ion, mobilitas ion, tingkat oksidasi serta suhu.

Alat praktikum (proyek) ini terdiri dari dua bagian utama yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2. Bagian pertama terdiri dari selongsong baterai bekas atau wadah, logam seng (anoda), dan batang karbon (katoda) dan bagian kedua terdiri dari rangkaian bio baterai dan sambungan jepit buaya yang dihubungkan pada ujung logam seng (anoda) dan batang karbon (katoda).



Gambar 1. Desain Alat Bio Baterai.

Rangkaian bio baterai terdiri dari 2 selongsong baterai bekas atau wadah berukuran 11,5 gram yang dihubungkan satu sama lain dengan menggunakan penjepit buaya. Bio baterai yang dikembangkan memiliki tegangan sekitar $\pm 1,2$ volt. Bio baterai ini tersusun dari bahan yang mudah didapatkan, dengan bahan utamanya adalah limbah kulit buah naga merah yang dihancurkan menggunakan *cooper blender* atau alat parut, karbon bekas dari limbah baterai primer sebagai katode, aluminium bekas sebagai anode. Desain baterai sekunder yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 1.

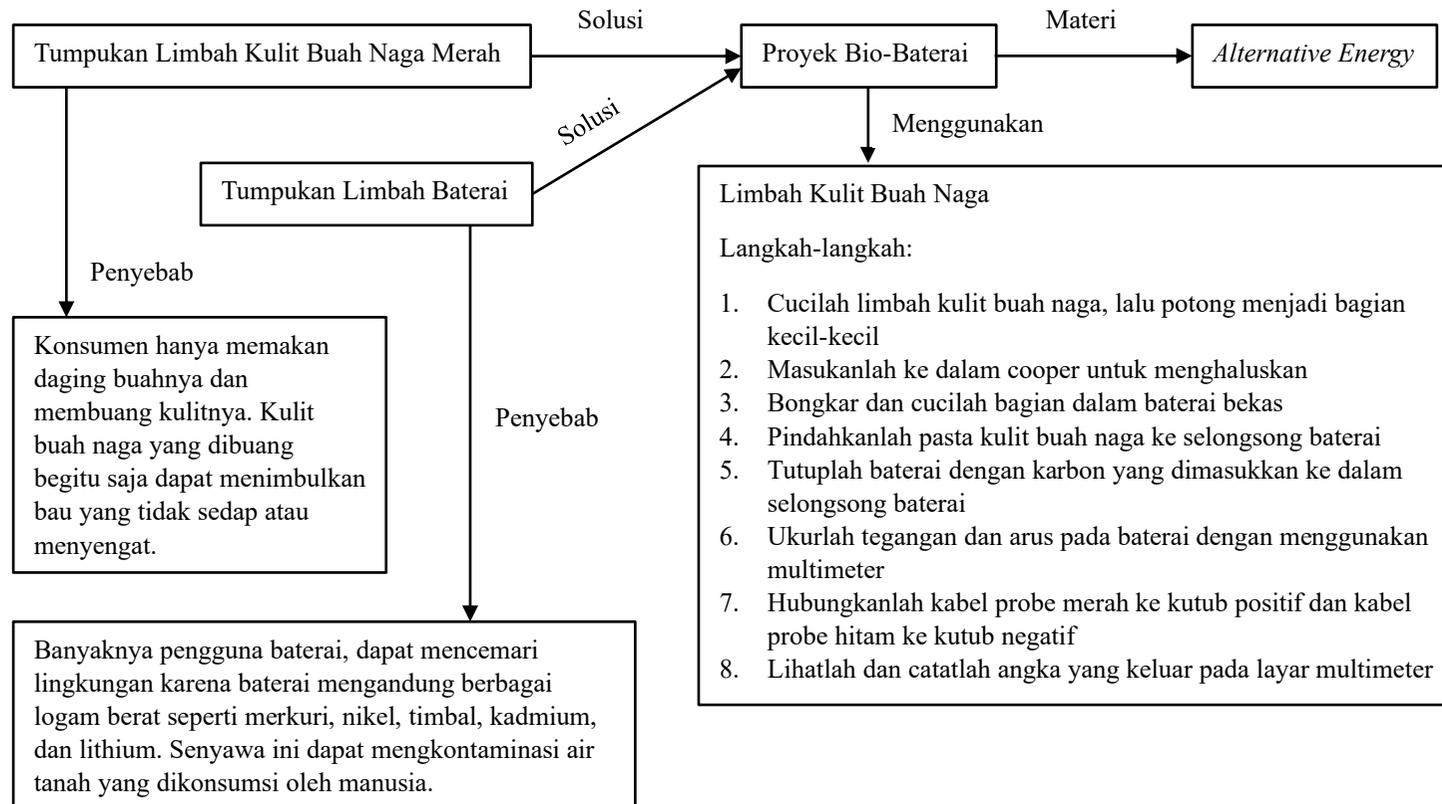


Gambar 2. Rangkaian Bio baterai.

Prinsip alat praktikum (proyek) ini didasarkan pada konsep elektrokimia. Menurut Haryono (2019: 105), elektrokimia merupakan cabang ilmu kimia yang mempelajari fenomena kimia yang dipengaruhi oleh energi listrik, serta reaksi kimia yang mampu menghasilkan aliran listrik. Dalam penerapannya pada baterai, digunakan prinsip sel volta, yaitu sistem reaksi redoks (reaksi oksidasi dan reduksi) yang berlangsung secara spontan. Elektroda sel volta tercelup dalam elektrolit, memungkinkan reaksi kimia untuk menghasilkan arus listrik (Sunarya, 2012: 263). Anoda sel volta mengalami reaksi reduksi yang membuatnya menjadi elektroda negatif dan katoda sel volta mengalami reaksi oksidasi yang membuatnya menjadi elektroda positif. Deret elektrokimia atau deret volta adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan susunan elemen logam yang didasarkan pada potensial elektroda standar.

2.1.10 Analisis Pemecahan Masalah

Adapun analisis pemecahan masalah pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Analisis Pemecahan Masalah

2.1.11 Keterkaitan Aktivitas Praktikum dengan Keterampilan Berpikir Kritis dan Keterampilan STEM

Keterampilan berpikir kritis menjadi alat yang diperlukan untuk memahami dan mempelajari konsep fisika, tidak hanya ilmuwan tetapi juga orang biasa harus memiliki keterampilan berpikir kritis untuk memecahkan masalah yang dihadapi setiap hari (Sudarmani *et al.*, 2018). Keterampilan berpikir kritis dapat diterapkan dalam pembelajaran pengetahuan prosedural, seperti kegiatan praktikum (proyek), dan fakta-fakta yang terkandung dalam pengetahuan konseptual dapat dipahami lebih luas (Widiana *et al.*, 2019).

Penggunaan kegiatan praktikum dalam proses pembelajaran memungkinkan guru untuk melihat keterampilan peserta didik, yaitu keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM. Melalui kegiatan praktikum, peserta didik diharapkan dapat mengembangkan kemampuan berpikir dan keterampilan STEM yang dapat membantu memecahkan masalah yang ada di lingkungan sekitar. Peserta didik harus mempunyai keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM dalam menganalisis fenomena-fenomena yang ditemukan disekitarnya (Ariyati, 2012).

Dengan melaksanakan kegiatan praktikum peserta didik mempelajari perumusan hipotesis, pembuktian teori melalui eksperimen, dan mampu mengambil kesimpulan merupakan indikator keterampilan berpikir kritis. Selain itu, peserta didik juga mampu mengembangkan keterampilan STEM yang berkaitan dengan kolaborasi, komunikasi, kreativitas dan inovasi. Melalui keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM, diharapkan peserta didik memiliki kemampuan untuk menggunakan metode ilmiah untuk mendapatkan informasi baru atau memperluas apa yang sudah mereka ketahui. Hal ini sejalan dengan teori belajar konstruktivisme, yang mengatakan bahwa peserta didik secara aktif mengkonstruksi pengetahuan dari pengalaman mereka sendiri (Kieu Oanh & Hong Nhung, 2022).

Pada kegiatan praktikum yang terdapat pada LKPD berbasis proyek peserta didik secara tidak langsung melaksanakan indikator keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM. Sebelum kegiatan eksperimen, guru biasanya mendorong peserta didik untuk menentukan pertanyaan dasar dengan memberikan fenomena yang terkait dengan materi yang sedang dibahas. Pada tahap ini, peserta didik akan melakukan kegiatan keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM dengan indikator yang memberikan penjelasan sederhana dan berkolaborasi tentang fenomena tersebut. Peserta didik dapat membuat hipotesis yang berkaitan dengan masalah yang sudah ditemukan kemudian berdiskusi untuk mendesain proyek dengan melaksanakan indikator membangun keterampilan dasar dan komunikasi. Setelah itu peserta didik akan menentukan jadwal pembuatan proyek, membuat proyek yang sudah direncanakan, mempresentasikan hasil proyek dan melakukan evaluasi dan refleksi dengan melaksanakan indikator mengatur strategi dan taktik, membuat penjelasan lebih lanjut, membuat kesimpulan, dan kreativitas serta inovasi.

2.2 Penelitian Relevan

Penelitian yang relevan dengan penelitian yang diteliti tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Penelitian Relevan

Nama Peneliti	Nama Jurnal	Judul Artikel	Hasil Penelitian
(Khalifah, I., Sakti, I., & Sutarno, S., 2021)	Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains	Pengembangan LKPD Berbasis Proyek <i>based Learning</i> untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis pada Materi Induksi Elektromagnetik	Penelitian ini menghasilkan LKPD berbasis Proyek <i>based learning</i> untuk melatih keterampilan berpikir kritis. Dengan menggunakan model R&D (<i>Research and Development</i>). LKPD yang dikembangkan layak dan mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.
(Santoso & Mosik, 2019)	<i>Unnes Physics Education Journal</i>	Kefektifan LKS Berbasis STEM (<i>Science, Technology, Engineering and Mathematic</i>) untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis Peserta didik pada Pembelajaran Fisika SMA	Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terbukti bahwa penerapan LKS berbasis STEM pada pembelajaran Fisika SMA dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.
(Fahmi Salafa, Latiful Hayat, A. M., 2020)	Jurnal Riset Rekayasa Elektro	Analisis Kulit Buah Jeruk (<i>Citrus Sinensis</i>) Sebagai Bahan Pembuatan Elektrolit Pada Bio baterai	Hasil penelitian yang telah dilakukan menyatakan bahwa elektrolit dari kulit jeruk ini dapat dijadikan sebagai alternatif baru sebagai elektrolit pengganti pada baterai yang sekarang masih banyak menggunakan bahan kimia, namun elektrolit dari kulit jeruk ini masih perlu dikembangkan lebih jauh lagi sebelum benar – benar dapat digunakan.
(Yasa, W. K., Sukainah, A., & Rais, 2019)	Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian	Pemanfaatan berbagai Limbah Buah – Buah sebagai Sumber Energi Listrik	Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus listrik pada kulit pisang ambon yang difermentasi selama 72 jam menghasilkan arus listrik sebesar 10,42 A. Arus listrik pada kulit pepaya yang di fermentasi selama 72 jam menghasilkan arus listrik sebesar 0,63 A. Sedangkan arus listrik pada perpaduan kulit pisang ambon dan kulit pepaya yang difermentasi selama 72 jam menghasilkan arus listrik sebesar 25,8 A.

Nama Peneliti	Nama Jurnal	Judul Artikel	Hasil Penelitian
(Pujiarini & Sudarti, 2021)	Jurnal Fisika dan Terapannya	Potensi Energi Listrik Dan Tingkat Keasaman Pada Buah Jeruk Nipis Dan Belimbing Wuluh	Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terbukti bahwa belimbing wuluh dan kapur dapat digunakan sebagai larutan elektrolit untuk menghasilkan energi listrik.

Berdasarkan penelitian relevan pada Tabel 4. Maka kebaharuan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Produk yang dikembangkan dari penelitian ini berupa LKPD berbasis proyek *alternative energy*, dengan fokus pembuatan bio baterai dari limbah kulit buah naga dan limbah baterai untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM.
2. LKPD yang dikembangkan ini dibuat oleh peneliti karena LKPD terkait materi *alternative energy* dengan eksperimen menggunakan bio baterai limbah kulit buah naga merah umumnya belum ada di SMA.
3. Media pembelajaran (LKPD) yang dikembangkan berbantuan platform canva yang memuat banyak fitur diantaranya template, ilustrasi dan icon, pdf editor, *text costumization*, *grid design* dan foto, dan *design frame* yang dapat menjadikan LKPD lebih menarik.

2.3 Kerangka Pemikiran

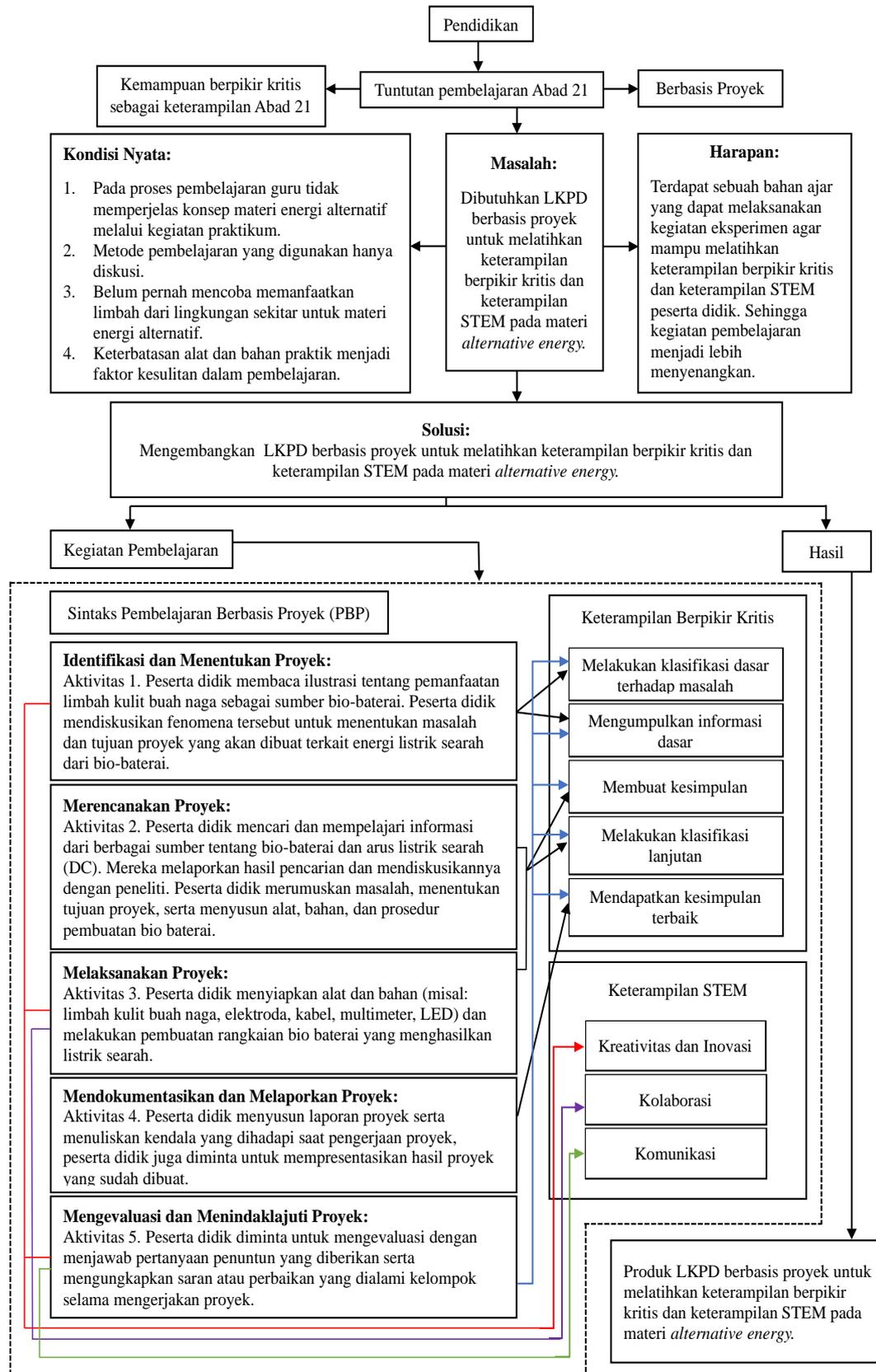
Bahan ajar merupakan salah satu sumber pembelajaran yang dapat membantu guru dalam kegiatan belajar mengajar di kelas, salah satunya yaitu LKPD. LKPD yang dikembangkan menggunakan model pembelajaran berbasis proyek pada materi *alternative energy*. Tahapan-tahapan pada LPKD berbasis aktivitas model PBP terdiri dari 5 tahap pembelajaran yaitu tahap mengidentifikasi dan menentukan proyek, merencanakan proyek, melaksanakan proyek, mendokumentasikan dan melaporkan proyek serta mengevaluasi proyek dan menjalankan proyek. Melalui tahapan-tahapan ini, dapat melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM peserta didik. Sebagian besar proyek peserta didik dilakukan di luar kelas. Peserta didik diberikan LKPD untuk membimbing proyek mereka. Selama

proyek, peserta didik berkonsultasi dengan guru secara berkala terkait dengan rencana proyek, kemajuan proyek, dan kendala proyek. Peran guru adalah memfasilitasi, menasihati, membimbing, dan mengawasi peserta didik.

Aktivitas PBP ini berfokus pada peserta didik dengan pendekatan berbasis proyek yang menekankan keterampilan berpikir kritis dan STEM. Kegiatan tahap pertama mengidentifikasi dan menentukan proyek, indikator berpikir kritis yang dilatihkan yaitu klarifikasi dasar dari masalah, peserta didik membaca wacana limbah kulit buah naga, mengidentifikasi masalah, menyusun pertanyaan kritis, dan menerima tantangan proyek. Kegiatan tahap kedua merencanakan proyek, indikator berpikir kritis yang dilatihkan yaitu membuat keputusan dengan menggunakan informasi yang tersedia, peserta didik menyusun rencana proyek berdasarkan informasi dari berbagai sumber meliputi tujuan, rumusan masalah, pentingnya proyek, dan prosedur.

Kegiatan tahap ketiga melaksanakan proyek, indikator berpikir kritis yang dilatihkan yaitu mengumpulkan analisis lebih lanjut, peserta didik merakit dan menguji bio baterai sambil mengevaluasi komposisi material untuk memperoleh hasil terbaik. Kegiatan tahap keempat mendokumentasikan dan melaporkan proyek, indikator berpikir kritis yang dilatihkan yaitu mengkomunikasikan keputusan terbaik, peserta didik memvisualisasikan hasil proyek melalui poster dan mempresentasikannya. Kegiatan tahap kelima mengevaluasi dan menindaklanjuti proyek, indikator berpikir kritis yang dilatihkan yaitu kesimpulan dan membuat penjelasan lebih lanjut dan kreativitas serta inovasi, di mana peserta didik mendorong pemanfaatan produk ke lingkungan sekolah.

Berdasarkan pemaparan di atas, maka peneliti mengembangkan LKPD berbasis proyek untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM pada materi *alternative energy* dengan memanfaatkan pengolahan limbah kulit buah naga merah dan limbah baterai. Berdasarkan uraian pemikiran, diagram yang dapat menggambarkan lebih jelas mengenai kerangka pemikiran disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kerangka Pemikiran.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian Pengembangan

Penelitian ini menggunakan desain penelitian *Research and Development* (R&D) yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk yang diujicobakan untuk menilai kelayakan, kepraktisan, dan efektivitasnya. Metode yang digunakan pada penelitian pengembangan ini yaitu model penelitian dan pengembangan yang dikembangkan oleh Thiagarajan & Semmel (1974) yaitu metode pengembangan 4D (*Define, Design, Development, Disseminate*). Dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Desain Pengembangan 4D menurut Thiagarajan & Semmel (1974)

Tahap Pengembangan	Langkah-Langkah	Penjelasan
<i>Define</i>	Analisis Awal	Studi tentang masalah dasar yang dihadapi guru untuk meningkatkan kinerja guru, mencari instruksional yang relevan dan bahan ajar yang digunakan.
	Analisis Peserta didik	Studi tentang karakteristik peserta didik yang relevan dengan desain pengembangan. Ciri-cirinya adalah memasuki kompetensi dari latar belakang kemampuan akademik; sikap umum terhadap topik pembelajaran, media, format, dan bahasa yang dipilih.
	Analisis Tugas	Mengidentifikasi keterampilan utama untuk diakusisi oleh peserta didik dan menganalisis kemampuan yang diperlukan. Analisis ini memastikan cakupan yang komprehensif dari tugas dalam bahan ajar yang dikembangkan.

Tahap Pengembangan	Langkah-Langkah	Penjelasan
	Capaian Pembelajaran	Menentukan tujuan instruksional dengan mengubah hasil tugas dan analisis konsep menjadi tujuan yang dinyatakan secara perilaku.
<i>Design</i>	Penyusunan Tes Acuan Patokan	Tes acuan patokan bertujuan sebagai alat evaluasi setelah pelaksanaan kegiatan pembelajaran. Tes dalam penelitian ini disertai dengan kisi-kisi dan rubrik penskoran.
	Pemilihan Media	Pemilihan media yang tepat untuk penyajian konten secara instruksional. Proses ini melibatkan analisis konsep, karakteristik pembelajaran, dan rencana diseminasi dengan berbagai atribut media yang berbeda. Seleksi akhir dapat berupa satu media atau kombinasi beberapa media yang paling tepat untuk digunakan.
	Pemilihan Format	Pemilihan format disesuaikan dengan bahan ajar yang akan dirancang oleh guru. Pemilihan format dimaksudkan untuk mendesain atau merancang produk yang akan dikembangkan.
	Desain Awal	Penyajian produk melalui media yang tepat dan dalam urutan yang sesuai. Melibatkan penataan berbagai kegiatan pembelajaran seperti keterbacaan produk, mengkonsultasikan produk kepada tenaga pendidik, dan berlatih keterampilan dalam mengajar.
<i>Develop</i>	Validasi Ahli	Memperoleh saran untuk perbaikan materi. Sejumlah ahli diminta untuk mengevaluasi materi dari segi instruksional dan teknis, didasarkan pada umpan balik mereka, materi dimodifikasi agar lebih tepat, efektif, bermanfaat, dan kualitas teknis yang tinggi.
	Validasi Empiris	Memperoleh saran untuk perbaikan produk. Sejumlah ahli diminta untuk mengevaluasi keberfungsian alat, didasarkan pada umpan balik mereka agar lebih tepat, efektif, bermanfaat, dan berkualitas.
	Uji Coba Produk	Uji coba produk dengan peserta didik dan guru untuk menemukan bagian yang akan di revisi. Hal ini berdasarkan respon, tanggapan, dan komentar peserta didik maupun guru, dan modifikasi materi. Siklus pengujian, revisi, dan pengujian ulang adalah diulang sampai materi bekerja secara konsisten dan efektif. Subjek ujicoba menggunakan mahasiswa pendidikan fisika semester 4 yang diasumsikan mempunyai karakteristik yang sama dengan peserta didik kelas X.

3.2 Prosedur Pengembangan

Adapun langkah-langkah pelaksanaan penelitian yang dilakukan sebagai berikut.

3.2.1 Tahap *Define* (Pendefinisian)

Thiagrajan (1974) kegiatan yang dilakukan pada tahap *define* (pendefinisian) dalam konteks pengembangan bahan ajar (modul, buku, LKS), dilakukan dengan sebagai berikut.

3.2.1.1 Analisis Awal

Tahap awal yang dilakukan dalam pengembangan media pembelajaran adalah pengkajian kurikulum. Tahap ini dilakukan dengan observasi dan studi dokumen. Hasilnya yaitu, sejak kurikulum merdeka resmi diterapkan sebagai kurikulum nasional di Indonesia termasuk di SMA Negeri 16 Bandar Lampung. Sehingga produk LKPD yang dikembangkan harus disesuaikan dengan tuntutan kurikulum. Oleh karena itu, pengembangan LKPD berbasis PBP pada materi *alternative energy* ini telah dirancang sebaik mungkin agar dapat mencapai tujuan pembelajaran dan menciptakan kondisi belajar sesuai tuntutan kurikulum merdeka.

3.2.1.2 Analisis Peserta didik

Tahap ini dilakukan melalui pengamatan langsung pada proses pembelajaran yang berlangsung di kelas. Fokus pengamatan ini yaitu mengetahui pembelajaran bermakna peserta didik dalam 1 kelas, perhatian dan minat peserta didik terhadap proses pembelajaran, kondisi kelas saat pembelajaran, serta wawasan dan keterampilan yang dimiliki peserta didik. Kemudian, dilakukan juga pengisian angket dengan guru bidang studi dan peserta didik. Tujuan dari tahap ini adalah agar LKPD yang dikembangkan dapat sesuai dengan kebutuhan peserta didik dan dapat digunakan oleh seluruh peserta didik.

3.2.1.3 Analisis Tugas

Pada tahap ini juga bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang kemampuan berpikir kritis dan keterampilan STEM peserta didik yang didapatkan melalui pengisian angket respon guru, selain itu akan muncul kompetensi dasar keterpaduan sesuai dengan model PBP.

3.2.1.4 Perumusan Capaian Pembelajaran

Tahap ini dilakukan untuk merumuskan hasil analisis tugas dan analisis konsep menjadi indikator pencapaian kompetensi selanjutnya menjadi tujuan pembelajaran. Hasil perumusan tujuan pembelajaran menjadi dasar dalam penyusunan rancangan LKPD yang dikembangkan. Adapun komponen yang terdapat dalam LKPD dapat melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik menurut Norris dan Ennis (Stiggins, 1997) terdiri dari mengidentifikasi masalah nyata dan mengajukan pertanyaan kritis, mengumpulkan informasi untuk menyelesaikan masalah, membuat keputusan dengan informasi yang tersedia, mengumpulkan informasi klarifikasi dan melakukan analisis lebih lanjut jika diperlukan, membuat dan mengkomunikasikan keputusan terbaik. Dan komponen lain yang terdapat dalam LKPD dapat melatih keterampilan STEM peserta didik menurut Agency (2020) meliputi keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, keterampilan teknis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi.

3.2.2 Tahap *Design* (Perancangan)

Tahap *design* merupakan kegiatan perancangan LKPD sesuai dengan kebutuhan berdasarkan informasi yang diperoleh pada tahap analisis sebagai data awal. Peneliti melakukan analisis kurikulum meliputi analisis capaian pembelajaran (CP) sehingga menghasilkan tujuan pembelajaran (TP). Pada tahap ini menghasilkan *prototype*. Menurut Thiagarajan (1974), langkah-langkah pada tahap *design* ini adalah:

3.2.2.1 Penyusunan Kriteria Konstruksi

Adapun konstruksi dari LKPD didesain sesuai dengan langkah-langkah pembelajaran proyek yaitu:

Tahap 1: Mengidentifikasi dan menentukan proyek

Tahap 2: Merencanakan proyek

Tahap 3: Melaksanakan proyek

Tahap 4: Mendokumentasikan dan melaporkan proyek

Tahap 5: Mengevaluasi dan menindaklanjuti proyek

LKPD juga didesain untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM peserta didik.

3.2.2.2 Pemilihan Media

Pemilihan media dilakukan untuk mengidentifikasi media pembelajaran yang relevan dengan karakteristik materi. Pemilihan media juga disesuaikan dengan kebutuhan peserta didik. Hal ini berguna untuk membantu peserta didik dalam pencapaian kompetensi dasar. Media yang dipilih adalah LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga merah, yang memandu peserta didik dalam menyelesaikan proyek.

3.2.2.3 Pemilihan Format

Pemilihan format LKPD pada penelitian ini disesuaikan dengan langkah-langkah pembelajaran berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga merah.

3.2.2.4 Rancangan Awal

Dalam tahap perancangan, peneliti membuat produk awal (*prototype*) atau rancangan produk berupa LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga merah untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM peserta didik. Rancangan awal dalam penelitian ini adalah merancang LKPD dengan *cover* yang dibuat menggunakan aplikasi canva, serta tampilan keseluruhan LKPD juga

didesain menggunakan aplikasi canva, penggunaan fitur progress untuk memantau kemajuan proyek, menggunakan platform *google classroom* sebagai media dalam memberikan tugas kepada peserta didik. Hasil rancangan awal LKPD pada tahap ini disebut sebagai draft I LKPD.

3.2.3 Tahap *Develop* (Pengembangan)

Tahap selanjutnya yaitu *develop* atau pembuatan LKPD berbasis proyek untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM peserta didik. Tahap *develop* bertujuan untuk menghasilkan produk pengembangan. Berikut langkah-langkah pada tahap *develop* yaitu:

3.2.3.1 Validasi *Expert*

Penilaian dari validator atau para ahli atau praktisi 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 1 guru Fisika SMA dan 2 dosen ahli media pembelajaran dari program studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Lampung. 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 divalidasi terlebih dahulu kepada *expert judgement* agar dapat mengukur aspek-aspek yang perlu dinilai dalam media pembelajaran yang dikembangkan oleh peneliti.

3.2.3.2 Validasi Empiris

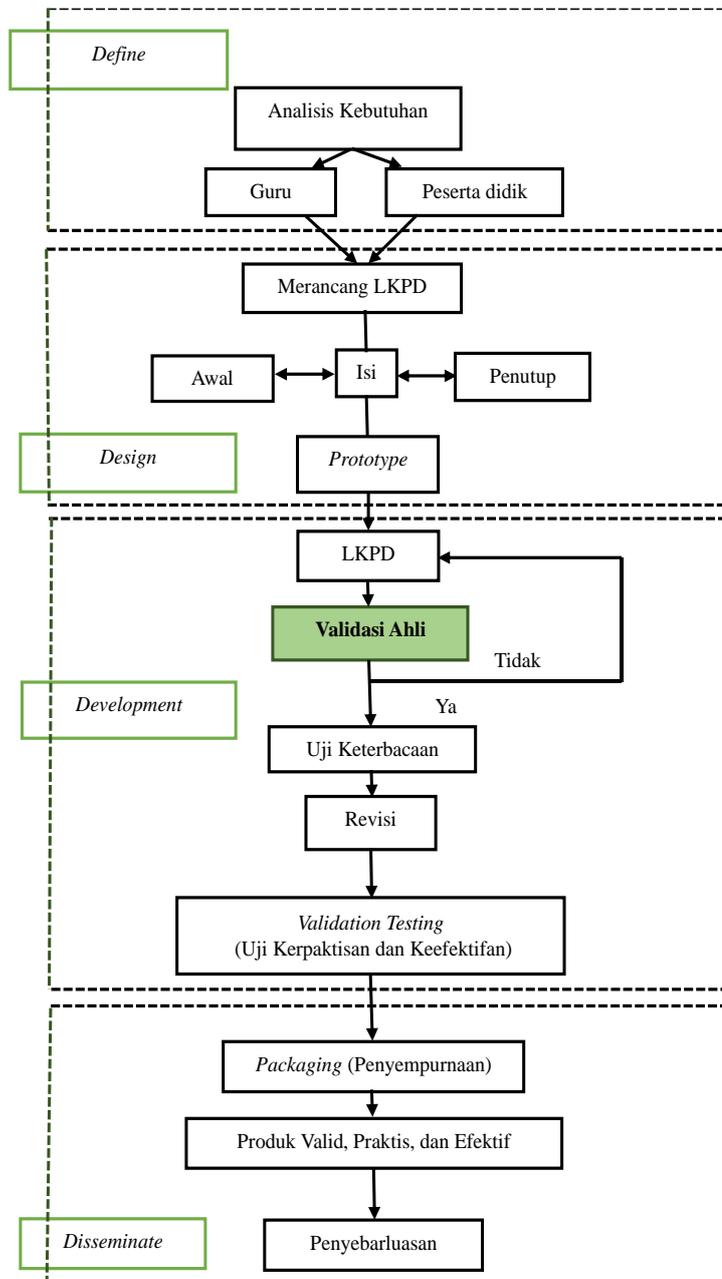
Validasi empiris adalah pengujian produk pengembangan berupa bio baterai yang dilakukan melalui serangkaian pengujian praktis. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan keberhasilan produk tersebut dalam aspek kelistrikan. Salah satu indikator keberhasilan bio baterai adalah kemampuannya menghidupkan lampu led yang menandakan terdapat arus listrik yang mengalir dalam percobaan tersebut. Pengujian melibatkan pengamatan langsung terhadap proses kelistrikan, dimana bahan limbah, waktu fermentasi, dan lama penggunaan itu juga dianalisis. Selain itu validasi empiris mencakup pengukuran tegangan dan kuat arus yang dihasilkan oleh bio baterai. Jika bio baterai mampu menghasilkan arus listrik, hal itu ditandai dengan menyalnya lampu led maka produk tersebut dianggap berhasil. Pengujian ini penting untuk memastikan bahwa produk tersebut layak digunakan sebagai *alternative energy* yang ramah lingkungan dan efisien.

3.2.3.3 Uji Coba Produk

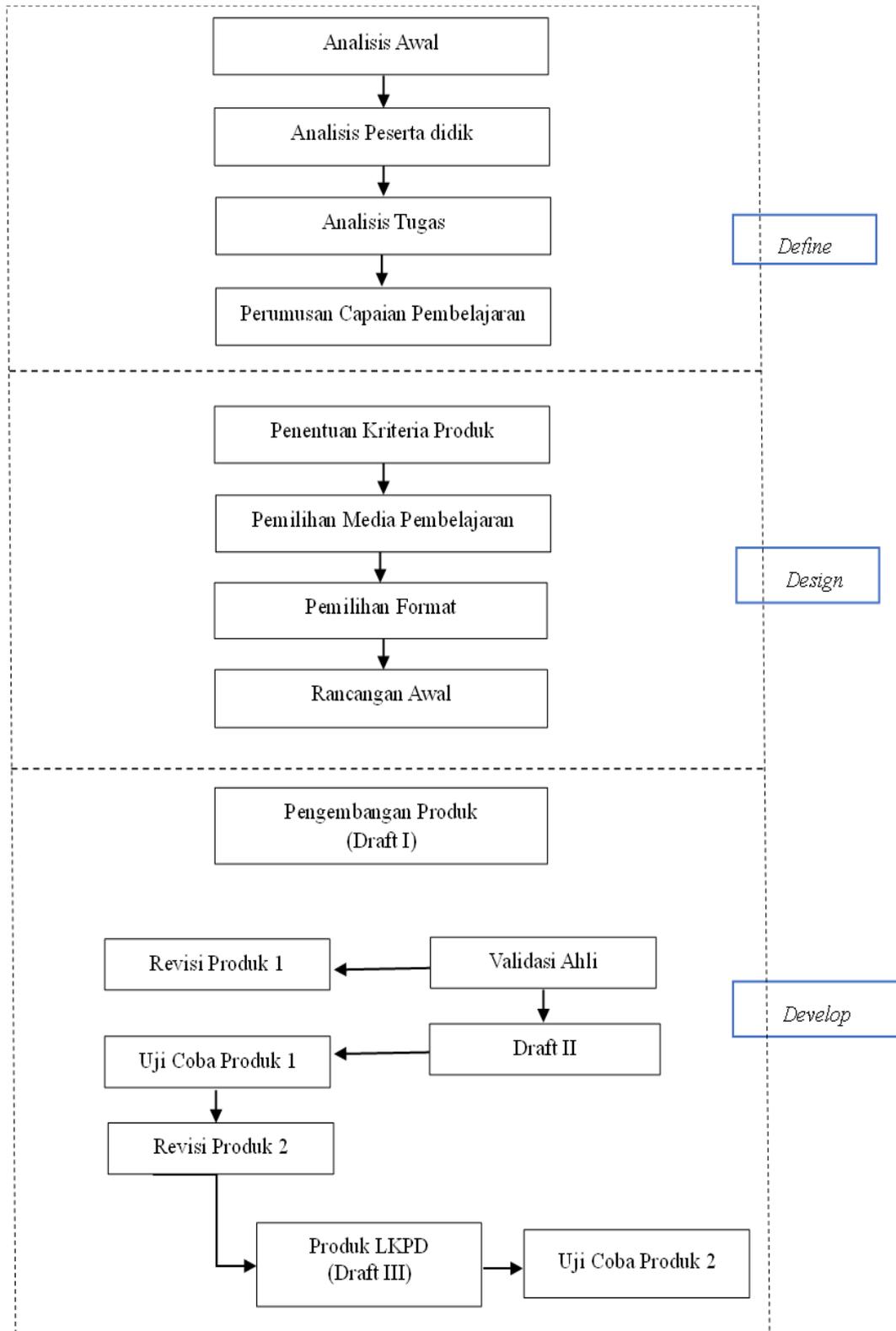
Uji coba produk ini bertujuan untuk mendapatkan umpan balik dari guru dan peserta didik mengenai LKPD yang dikembangkan. Guru diminta memberikan penilaian terhadap kesesuaian isi dan struktur LKPD melalui angket, sedangkan peserta didik diminta memberikan penilaian terhadap daya tarik LKPD. Subjek ujicoba seharusnya peserta didik kelas X namun karena keterbatasan waktu yang tersedia dan keadaan di lapangan tidak memungkinkan untuk melakukan ujicoba di sekolah tersebut. Oleh karena itu, subjek ujicoba menggunakan mahasiswa pendidikan fisika semester 4 yang diasumsikan mempunyai karakteristik yang sama dengan peserta didik kelas X. Selain itu dilakukan juga tes awal dan akhir untuk mengukur keterampilan berpikir kritis dan peningkatan pemahaman peserta didik setelah menggunakan LKPD.

3.2.4 Tahap *Disseminate* (Penyebarluasan)

Setelah LKPD yang dikembangkan dapat dikatakan valid dan layak digunakan berdasarkan hasil penilaian ahli, maka LKPD tersebut dapat disebarluaskan dan dapat diaplikasikan dalam pembelajaran materi *alternative energy*. Selain itu, hasil penelitian juga akan disebarluaskan melalui jurnal yang disampaikan oleh peneliti.



Gambar 5. Alur Model Pengembangan 4D menurut Thiagarajan dkk (1974).



Gambar 6. Alur Prosedur Pengembangan LKPD Berbasis Proyek Pengolahan Limbah Kulit Buah Naga Merah.

3.3 Instrumen Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu angket dan soal *pretest* dan *posttest*. Angket yang digunakan dalam penelitian ini berupa daftar pertanyaan yang diberikan kepada responden untuk menanyakan pendapatnya terhadap suatu permasalahan. Data dalam penelitian ini diperoleh dengan menggunakan instrumen angket berupa angket analisis kebutuhan, angket uji validitas, angket uji keterbacaan, angket uji respon peserta didik, angket uji persepsi guru, dan instrumen soal *pretest* dan *posttest*.

3.3.1 Angket Analisis Kebutuhan

Angket ini berupa daftar pertanyaan yang disajikan dalam bentuk google form, yang dilakukan pada studi pendahuluan, hal ini dilakukan untuk menggali informasi mengenai perilaku guru dan peserta didik dalam proses pembelajaran. Selain itu, untuk memperoleh informasi mengenai penggunaan LKPD yang digunakan saat ini dan untuk mengetahui LKPD seperti apa yang dibutuhkan pada kegiatan proses pembelajaran di 6 SMA tersebut.

3.3.2 Angket Uji Validitas

Pada tahap uji validitas ahli, instrumen yang digunakan adalah lembar uji validitas. Lembar yang digunakan merupakan angket uji validitas yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan produk sehingga LKPD yang dikembangkan oleh peneliti dapat digunakan oleh guru sebagai media pembelajaran di sekolah. Angket memiliki 4 pilihan jawaban dan saran serta komentar pada setiap konten pertanyaan. Jawaban untuk angket uji validitas LKPD menggunakan skala *Likert*. Skala *Likert* yang dipakai diadaptasi dari Ratumanan & Laurens (2011) yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Skala *Likert* pada Angket Uji Validitas

Skor	Keterangan
4	Sangat Setuju
3	Setuju
2	Kurang Setuju
1	Tidak Setuju

Ratumanan & Laurens (2011)

3.3.3 Angket Uji Keterbacaan

Uji keterbacaan diuji dan dilakukan dengan cara mengisi tiap penugasan yang ada di LKPD. Tujuannya untuk mengetahui keterbacaan produk LKPD yang dikembangkan oleh peneliti. Penskoran pada uji keterbacaan menggunakan skala *likert* yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurens (2011) seperti pada uji validitas.

Tabel 7. Skala *Likert* pada Angket Uji Keterbacaan

Skor	Keterangan
4	Sangat Setuju
3	Setuju
2	Kurang Setuju
1	Tidak Setuju

Ratumanan & Laurens (2011)

3.3.4 Angket Uji Persepsi Guru

Uji persepsi guru diuji menggunakan lembar uji persepsi guru terkait penggunaan LKPD yang tujuannya untuk mengetahui persepsi guru terhadap LKPD yang dikembangkan. Penskoran pada uji persepsi guru menggunakan skala *likert* yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurens (2011) seperti pada uji keterbacaan.

3.3.5 Angket Respon Peserta Didik

Angket respon peserta didik diisi oleh 15 peserta didik pada kelompok kecil yang bertujuan untuk mengetahui pendapat peserta didik mengenai kepraktisan LKPD berbasis proyek yang dikembangkan. Aspek yang dinilai terdiri dari 4 pilihan yaitu kemudahan, motivasi, kemenarikan dan kebermanfaatan. Sistem penskoran menggunakan

skala *likert* yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurens (2011) yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Skala *Likert* pada Angket Respon Peserta didik

Aspek yang diamati (1)	Skor (2)			
	4	3	2	1
Kemudahan	Sangat Baik	Baik	Kurang Baik	Tidak Baik
Motivasi	Sangat Baik	Baik	Kurang Baik	Tidak Baik
Kemenarikan	Sangat Baik	Baik	Kurang Baik	Tidak Baik
Kebermanfaatan	Sangat Baik	Baik	Kurang Baik	Tidak Baik

Ratumanan & Laurens (2011)

3.3.6 Soal *Pretest* dan *Posttest*

Instrumen lembar soal *pretest* dan *posttest* ini digunakan untuk mengukur kemampuan kognitif peserta didik secara individu, sehingga LKPD yang dikembangkan dapat menstimulus keterampilan berpikir kritis peserta didik. Instrumen ini digunakan untuk mengukur kemampuan awal dan akhir peserta didik setelah mempelajari yang telah dikembangkan. Sebelum instrumen digunakan pada sampel penelitian terlebih dahulu dilakukan pengujian instrumen menggunakan uji validitas dan uji reliabilitas.

a) Uji Validitas

Pengujian validitas bertujuan untuk mengetahui tingkat kevalidan suatu instrumen sebelum diberikan kepada sampel penelitian. Suatu instrumen dikatakan valid jika mampu mengungkapkan data berdasarkan variabel dengan tepat. Pada penelitian ini yang diuji validitasnya adalah untuk menguji keakuratan pertanyaan-pertanyaan yang digunakan dalam soal *pretest-posttest*. Uji validitas dilakukan mengetahui kevalidan dari suatu instrumen (Arikunto, 2011). Cara untuk mengukur validitas instrumen dapat menggunakan rumus *product moment correlation* yaitu:

$$r_{xy} = \frac{N\Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\sqrt{\{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2\} - \{N\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2\}}}$$

Keterangan:

r_{xy} = Koefesien korelasi yang menyatakan validitas

ΣX = Jumlah skor butir soal

ΣX = Jumlah skor total

ΣY = Jumlah sampel

(Arikunto, 2011)

Jadi, nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$ dengan taraf signifikansi ($\alpha = 0,05$) maka koefisien korelasi tersebut signifikan artinya butir tersebut dianggap valid. Uji validitas memiliki interpretasi koefisien korelasi validitas butir soal yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Interpretasi Koefisien Korelasi dan Reliabilitas Instrumen

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,80-1,00	Sangat Valid
0,60-0,79	Valid
0,40-0,59	Cukup Valid
0,20-0,39	Kurang Valid
0,00-0,19	Tidak Valid

(Arikunto, 2011)

b) Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas digunakan melihat sejauh mana instrumen dapat dipercaya dan sebagai alat pengumpul data penelitian. Instrumen yang reliabel nanti akan digunakan untuk sampel penelitian dapat dipercaya atau tidak untuk diandalkan dalam penelitian. Instrumen *Pretest* dan *post-test* yang telah dinyatakan reliabel dapat digunakan untuk sampel penelitian. Perhitungan untuk mencari harga reliabilitas instrumen dengan menggunakan rumus alpha, sebagai berikut.

$$r_{11} = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left(1 - \frac{\Sigma \delta i^2}{\delta i^1} \right)$$

Keterangan:

r_{11} = Reliabilitas yang dicari

n = Jumlah *item* pertanyaan

$\Sigma \delta i^2$ = Jumlah varian skor tiap *item*

δi^2 = Varian Soal

Interpretasi Reliabilitas dapat dilihat pada Tabel 9 di atas.

3.3.7 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Teknik Pengumpulan Data

Variabel	Instrumen yang Digunakan	Subjek yang Dituju	Analisis Data
Validasi LKPD	Angket Uji Validitas	2 dosen ahli Pendidikan Fisika Universitas Lampung dan 1 guru Fisika SMA	<ol style="list-style-type: none"> Membuat rekapitulasi hasil penilaian uji kevalidan produk. Mengkalkulasikan rata-rata hasil penilaian uji kevalidan produk dari ketiga validator. Menentukan kategori validitas masing masing berdasarkan aspek yang mengacu pada kategori yang dikemukakan (Ratumanan & Laurent, 2011)
	Angket uji Keberfungsian Produk	1 dosen ahli Pendidikan Fisika Universitas Lampung dan 1 guru Fisika SMA	<ol style="list-style-type: none"> Membuat rekapitulasi hasil penilaian uji kevalidan produk
Kepraktisan LKPD	Angket uji keterbacaan peserta didik	Kelompok kecil peserta didik	<ol style="list-style-type: none"> Membuat rekapitulasi hasil penilaian uji keterbacaan produk dari peserta didik. Mengkalkulasikan skor hasil uji penilaian keterbacaan Menentukan kategori keterbacaan peserta didik berdasarkan aspek yang diadaptasi dari Arikunto (2011).
	Angket Uji Persepsi Guru	Memberikan lembar angket kepada 8 guru fisika di SMA	<ol style="list-style-type: none"> Membuat rekapitulasi hasil penilaian uji keterlaksanaan produk Mengkalkulasikan rata-rata hasil skor penilaian keterlaksanaan produk Menentukan kategori keterlaksanaan yang aspeknya diadaptasi dari Arikunto (2011).

Variabel	Instrumen yang Digunakan	Subjek yang Dituju	Analisis Data
	Angket Respon Peserta didik	Memberikan angket respon peserta didik kepada peserta didik yang telah mengerjakan	<ol style="list-style-type: none"> Membuat rekapitulasi hasil penilaian uji keterlaksanaan produk Mengkalkulasikan rata-rata hasil skor penilaian keterlaksanaan produk Menentukan kategori keterlaksanaan yang aspeknya diadaptasi dari Arikunto (2011).
Keefektifan LKPD	Membuat soal <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> yang mengacu pada indikator keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM	Memberikan soal kepada peserta didik	<ol style="list-style-type: none"> Membuat rekapitulasi hasil penilaian <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Menghitung hasil penilaian <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Melakukan uji normalitas, analisis <i>N-Gain</i>, dan uji <i>Wilcoxon Signed Ranks Test</i>

3.4 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode campuran (*mixed method*), yaitu kualitatif dan kuantitatif.

3.4.1 Analisis Data Validitas

Data untuk validitas diperoleh dari angket uji ahli materi dan konstruk serta angket uji ahli media dan desain yang diisi oleh validator. Hasil uji validitas ahli digunakan untuk menghitung metode analisis data, yang dihitung menggunakan persamaan berikut.

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

Hasil yang dihitung kemudian ditafsirkan sehingga mendapatkan kualitas dari produk yang dikembangkan. Penafsiran skor mengadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011) seperti yang terlihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Konversi Skor Penilaian Validitas Produk

Interval Skor Hasil Penilaian	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 & Laurens, 2011)

Berdasarkan Tabel 12, peneliti memberikan batasan bahwa produk LKPD yang dikembangkan oleh peneliti terkategori valid untuk digunakan jika produk mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal persentase sebesar 2,50 dengan kriteria valid.

3.4.2 Analisis Data Kepraktisan

Data yang digunakan 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) seperti berikut.

$$\%X = \frac{\Sigma \text{Skor yang diperoleh}}{\Sigma \text{Skor maksimum}} 100\%$$

Data hasil pengisian angket uji keterbacaan dianalisis dengan kriteria yang mengadaptasi dari (Arikunto, 2011) seperti pada Tabel 12.

Tabel 12. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan

Presentase	Kriteria
0,00% - 20%	Kepraktisan sangat rendah/ tidak baik
20,1% - 40%	Kepraktisan rendah/ kurang baik
40,1% - 60%	Kepraktisan sedang/ cukup baik
60,1% - 80%	Kepraktisan tinggi/ baik
80,1% - 100%	Kepraktisan sangat tinggi/ sangat baik

Berdasarkan Tabel 12, peneliti memberi batasan bahwa produk yang dikembangkan terkategori praktis jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 40,1% dengan kriteria kepraktisan sedang/cukup baik.

3.4.3 Uji Persepsi Guru terkait Penggunaan LKPD dan Respon Peserta didik

Data yang digunakan untuk mengetahui persepsi guru terkait penggunaan LKPD dan respon peserta didik diperoleh berdasarkan pengisian angket uji persepsi guru terkait penggunaan LKPD dan angket uji respon peserta didik, kemudian dianalisis menggunakan analisis persentase (Sudjana, 2005)

$$\%X = \frac{\Sigma \text{skor yang diperoleh}}{\Sigma \text{skor maksimal}} \times 100\%$$

Hasil persentase yang diperoleh dikonversikan dengan kriteria yang diadaptasi dari Arikunto (2011) seperti pada Tabel 13.

Tabel 13. Konversi Skor Penilaian Persepsi/Respon terhadap Produk

Presentase	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 13, peneliti memberi batasan bahwa produk LKPD yang dikembangkan akan terkategori baik untuk digunakan pada pembelajaran jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 40,1% dengan kriteria sedang/cukup baik.

3.4.4 Analisis Data Uji Keefektifan

Pengukuran efektivitas dilakukan pada aspek kognitif peserta didik melalui tes tertulis dalam pembelajaran fisika. Penelitian ini menggunakan desain penelitian *One Group Pretest-Posttest* untuk memperoleh data mengenai keterampilan berpikir kritis peserta didik. Subjek penelitian terlebih dahulu diberikan tes awal (*pretest*) untuk mengetahui sejauh mana kemampuan awal peserta didik sebelum

diberikan pembelajaran dengan menggunakan produk hasil penelitian pengembangan. Selanjutnya, peserta didik diberikan perlakuan berupa pembelajaran fisika menggunakan LKPD berbasis proyek untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM. Kemudian, peserta didik diberikan tes akhir (*post-test*) untuk mengetahui sejauh mana pengaruh pembelajaran fisika dengan menggunakan media pembelajaran LKPD berbasis proyek untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM peserta didik.

Analisis data yang digunakan untuk mengetahui keefektifan produk diperoleh berdasarkan tes (data kuantitatif). Tes dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu *pretest* dan *post-test*. Desain penelitian dapat digambarkan sebagaimana pada Tabel 14.

Tabel 14. Desain *One Group Pretest-Posttest*

O ₁	X ₁	Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	O ₂
<i>Pretest</i> Keterampilan berpikir kritis peserta didik masih rendah	<i>Identify and define projects</i> Peserta didik membaca ilustrasi tentang pemanfaatan limbah kulit buah naga sebagai sumber bio-baterai. Peserta didik mendiskusikan fenomena tersebut untuk menentukan masalah dan tujuan proyek yang akan dibuat terkait energi listrik searah dari bio-baterai.	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan klasifikasi dasar terhadap masalah • Mengumpulkan informasi dasar 	<i>Posttest</i> Terjadi peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik
	<i>Planning a project</i> Peserta didik mencari dan mempelajari informasi dari berbagai sumber tentang bio-baterai dan arus listrik searah (DC). Mereka melaporkan hasil pencarian dan mendiskusikannya dengan peneliti. Peserta didik merumuskan masalah, menentukan tujuan proyek, serta menyusun alat, bahan, dan prosedur pembuatan bio baterai.	<ul style="list-style-type: none"> • Membuat kesimpulan • Melakukan klasifikasi lanjutan 	

O ₁	X ₁	Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	O ₂
	<i>Implementing projects</i> Peserta didik menyiapkan alat dan bahan (misal: limbah kulit buah naga, elektroda, kabel, multimeter, LED) dan melakukan pembuatan rangkaian bio baterai yang menghasilkan listrik searah.	<ul style="list-style-type: none"> • Membuat kesimpulan • Melakukan klasifikasi lanjutan 	
	<i>Documenting and Reporting projects</i> Peserta didik menyusun laporan proyek serta menuliskan kendala yang dihadapi saat pengerjaan proyek, peserta didik juga diminta untuk mempresentasikan hasil proyek yang sudah dibuat.	Mendapatkan kesimpulan terbaik	
	<i>Evaluate and follow up on projects</i> Peserta didik diminta untuk mengevaluasi dengan menjawab pertanyaan penuntun yang diberikan serta mengungkapkan saran atau perbaikan yang dialami kelompok selama mengerjakan proyek.	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan klasifikasi dasar terhadap masalah • Mengumpulkan informasi dasar • Membuat kesimpulan • Melakukan klasifikasi lanjutan • Mendapatkan kesimpulan terbaik 	

Keterangan:

- O₁ : Tes awal (*pretest*) untuk mengetahui pengetahuan awal peserta didik
- O₂ : Tes akhir (*posttest*) untuk mengetahui pengetahuan akhir peserta didik setelah perlakuan
- X : *Treatment* menggunakan LKPD berbasis proyek

Instrumen penilaian keterampilan STEM digunakan untuk memperoleh data mengenai keterampilan STEM peserta didik yang dapat dilihat pada Lampiran 28. Melakukan penilaian dengan mengamati peserta didik saat proses pembelajaran dilaksanakan. Penilaian ini digunakan untuk meneliti proses dan capaian hasil belajar peserta didik selama dilakukannya pembelajaran.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui keefektifannya produk dan ketercapaian hasil belajar keterampilan berpikir kritis dengan menggunakan desain *One Group Pretest-Posttest* dan instrumen penilaian keterampilan STEM untuk mengetahui pengaruh dari produk yang dikembangkan.

Hasil jawaban tes akan dianalisis menggunakan uji normalitas, analisis *N-Gain* dan uji *Wilcoxon Signed Ranks Test*.

a. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk menentukan apakah data berdistribusi normal atau tidak. Data yang diuji berupa nilai hasil *pretest* dan *posttest* untuk keterampilan berpikir kritis dan lembar penilaian sikap untuk keterampilan STEM. Pada penelitian ini uji normalitas akan dianalisis memakai uji *Shapiro-Wilk* pada *software* SPSS 25.0. Kriteria uji yang digunakan yaitu (1) jika nilai *sig* > 0,05 maka H_{11} diterima yang berarti data terdistribusi normal; (2) jika nilai *sig* < 0,05 maka H_{01} ditolak yang berarti data terdistribusi tidak normal (Arikunto, 2011). Kriteria uji yang digunakan yaitu (1) jika nilai *sig* > 0,05 maka H_{12} diterima yang berarti data terdistribusi normal; (2) jika nilai *sig* < 0,05 maka H_{02} ditolak yang berarti data terdistribusi tidak normal (Arikunto, 2011).

b. Analisis *N-Gain*

Nilai *N-Gain* digunakan untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Kriteria interpretasi nilai *N-Gain* dapat dilihat pada Tabel 15 dan rata-rata *N-Gain* ternormalisasi didapatkan dari rata-rata *posttest* dikurangi dengan rata-rata *pretest* dibagi dengan nilai maksimum dikurangi dengan rata-rata *pretest*. Secara matematis dapat ditulis:

$$N - Gain = \frac{\text{nilai posttest} - \text{nilai pretest}}{\text{skor maksimum ideal} - \text{nilai pretest}}$$

Tabel 15. Kriteria Interpretasi Nilai *N-Gain*

Indeks <i>N-Gain</i> Ternormalisasi	Klasifikasi
$N-Gain \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq N-Gain < 0,7$	Sedang
$N-Gain < 0,3$	Rendah

(Meltzer, 2002)

Berdasarkan klasifikasi tersebut, dapat dijelaskan:

- a. Apabila nilai *N-Gain* ternormalisasi berada dalam klasifikasi tinggi, maka tingkat efektivitasnya adalah sangat efektif.
 - b. Apabila nilai *N-Gain* ternormalisasi berada dalam klasifikasi sedang, maka tingkat efektivitasnya adalah efektif.
 - c. Apabila nilai *N-Gain* ternormalisasi berada dalam klasifikasi rendah, maka tingkat efektivitasnya adalah kurang efektif.
- c. Uji *Wilcoxon Signed Ranks Test*

Wilcoxon Signed Ranks Test digunakan untuk mengetahui apakah rata-rata nilai *post-test* keterampilan berpikir kritis dan penilaian keterampilan STEM peserta didik berbeda secara signifikan. Adapun rumusan hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

H_{01} : Tidak ada perbedaan nilai rata-rata keterampilan berpikir kritis peserta didik sebelum dan sesudah dilakukannya pembelajaran dengan menggunakan LKPD berbasis proyek yang dikembangkan.

H_{11} : Terdapat perbedaan nilai rata-rata keterampilan berpikir kritis peserta didik sebelum dan sesudah dilakukannya pembelajaran dengan menggunakan LKPD berbasis proyek yang dikembangkan.

Kriteria untuk mengambil keputusan yaitu apabila nilai $sig \leq 0,05$ maka H_{11} diterima dan sebaliknya apabila nilai $sig \geq 0,05$ maka H_{01} ditolak.

H_{02} : Tidak ada perbedaan nilai keterampilan STEM peserta didik sesudah dilakukannya pembelajaran dengan menggunakan LKPD berbasis proyek yang dikembangkan.

H_{12} : Terdapat perbedaan nilai keterampilan STEM peserta didik sesudah dilakukannya pembelajaran dengan menggunakan LKPD berbasis proyek yang dikembangkan.

Kriteria untuk mengambil keputusan yaitu apabila nilai $sig \leq 0,05$ maka H_{12} diterima dan sebaliknya apabila nilai $sig \geq 0,05$ maka H_{02} ditolak.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengembangan LKPD berbasis proyek untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM pada materi *alternative energy* sebagai berikut.

1. Program pembelajaran yang dihasilkan adalah produk LKPD Pembelajaran *Alternative Energy* berbasis proyek. Materi ini mengajak peserta didik untuk memahami konsep energi alternatif seperti biobaterai dan bahan limbah yang ramah lingkungan di sekitar tempat tinggal, serta menerapkan 5 tahapan utama dalam PBP yang meliputi mengidentifikasi dan menentukan proyek, merencanakan proyek, melaksanakan proyek, mendokumentasikan dan melaporkan serta mengevaluasi proyek dan menindaklanjuti proyek. Proses ini, peserta didik belajar melihat hubungan antar elemen dalam sistem secara sistematis dan mengembangkan solusi kreatif dalam merancang dan menguji prototipe energi alternatif. LKPD hasil pengembangan dinyatakan sangat valid ditinjau dari dua aspek, yaitu media dan desain serta materi dan konstruk, rata-rata nilai dari ketiga validator sebesar 3,36, dengan rata-rata validasi media dan desain diperoleh hasil sebesar 3,44 dan validasi materi dan konstruk sebesar 3,28. Hal ini menunjukkan LKPD berbasis proyek terkategori sangat valid.
2. LKPD berbasis proyek sangat praktis digunakan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dalam proses pembelajaran fisika khususnya materi *alternative energy*. Hal ini dapat dilihat dari uji keterbacaan, respon peserta didik dan persepsi guru terhadap penggunaan LKPD berbasis proyek dengan hasil rata-rata uji uji keterbacaan sebesar 89%, hasil rata-

rata uji respon peserta didik sebesar 86,7% dan hasil rata rata uji persepsi guru sebesar 90% dengan kategori sangat praktis.

3. LKPD berbasis proyek efektif digunakan untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan keterampilan STEM peserta didik dilihat dari hasil uji *wilcoxon* diperoleh nilai signifikansi 0,001, hal ini menandakan adanya peningkatan keterampilan berpikir kritis signifikan pada peserta didik sebelum dan sesudah diberikan perlakuan dan diperoleh *n-gain* sebesar 0.85 terkategori tinggi, selain itu berdasarkan uji *wilcoxon* diperoleh nilai signifikansi 0,014, hal ini menandakan adanya peningkatan keterampilan STEM yang signifikan pada peserta didik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa keduanya termasuk dalam kategori sangat terlatih.

5.2 Saran

Berdasarkan pembahasan penelitian, maka peneliti memberikan saran sebagai berikut.

1. Guru maupun peneliti selanjutnya untuk mempersiapkan alokasi waktu yang lebih lama dalam pelaksanaan pembelajaran. Hal ini dikarenakan LKPD yang dikembangkan berbasis kegiatan praktikum yang memanfaatkan limbah kulit buah naga dan limbah baterai menjadi bio baterai .
2. Penelitian produk LKPD berbasis proyek ini tepat untuk diimplementasikan atau diujicoba kepada peserta didik kelas X SMA agar penggunaan LKPD dapat efektif pada proses pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Y. (2016). *Revitalisasi penilaian pembelajaran dalam konteks pendidikan multiliterasi abad ke-21*. Bandung: Refika Aditama.
- Agency, T. E. (2020). *STEM Skills Fluency Rubric*. Texas Education Agency, 1–5.
- Agra, G., Formiga, N. S., de Oliveira, P. S., Costa, M. M. L., Fernandes, M. D. G. M., & da Nóbrega, M. M. L. (2019). *Analysis of the concept of Meaningful Learning in light of the Ausubel's Theory*. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 72(1), 248–255.
- 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.
- Amelia, O., Sundari, P. D., Mufit, F., & Dewi, W. S. (2024). Analisis Kebutuhan Pengembangan E-Modul dengan Pendekatan *Contextual Teaching and Learning* Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Pada Materi Energi Terbarukan. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(1), 34–39.
- Amin, M., & Dey, P. (2005). *Electrochemical Analysis of Fruit and Vegetable Freshness*. *WSEAS Transactions on Biology and Biomedicine*, 2(2), 214–219.
- Arikunto, S. (2011). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta, 413 hlm.
- Arina, H. A., Munawaroh, F., Rosidi, I., & Hidayati, Y. (2019). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Melalui Pendekatan Pembelajaran Berbasis Riset. *Natural Science Education Research*, 2(1), 17–24.
- Ariyana, Y., Pudjiastuti, A., Bestary, R., & Zamroni. (2018). Buku Pegangan Pembelajaran Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Berbasis Zonasi. *Buku Pegangan Pembelajaran Berorientasi Pada Keterampilan Berfikir Tingkat Tinggi*, 1–87.

- Ariyati, E. (2012). Pembelajaran Berbasis Praktikum Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 1(2), 1–12.
- Ausubel, D. P., Stager, M., & Gaiter, A. J. (1968). *Retroactive Facilitation in Meaningful Verbal Learning*. *Journal of Educational Psychology*, 59(4), 250–255.
- Baron, R. A., & Byrne, D. (1987). *Social psychology: Understanding human interaction (5th ed.)*. Allyn & Bacon.
- Bell, S. (2010). *Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future*. *Clearing House*, 83(2), 39–43.
- Brookfield, S. (1986). *Understanding and facilitating adult learning: A comprehensive analysis of principles and effective practices*. McGraw-Hill Education (UK).
- Budkevich, R. L., Bayanova, A. R., Orekhovskaya, N. A., Sokolova, N. L., Shaleeva, E. F., & Knyazeva, S. A. (2023). *Exploring the role of motivation in STEM education: A systematic review*. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(4).
- Bybee, R. W. (2010). *Steam Baby*. September 2010, 2020.
- Choirudin, M. Saidun Anwar, & Khabibah, N. (2019). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis *Problem Solving* Pada Materi Elektrolit dan Non Elektrolit. *Repository UIN Raden Fatah Palembang*, 2(1), 1–13.
- Colley, K. (2008). *Project-Based Science Instruction: A Primer*. *The Science Teacher*, 75(8), 23–28.
- Cristina, A. S., Asfar, A. M. I. T., Asfar, A. M. I. A., Sirwanti, Sari, T. P., & Nurdin. (2022). *Seminar Nasional Paedagoria Liptint Organik Multifungsi: Transformasi Limbah Kulit Buah Naga Kombinasi Madu Trigona*. 2, 325–330.
- Daryanto, A. D., & Dwicahyono, A. (2014). Pengembangan perangkat pembelajaran (silabus, RPP, PHB, bahan ajar). *Yogyakarta: Gava Media*.
- Diawati, C., Liliyasi, Setiabudi, A., & Buchari. (2017). *Students' construction of a simple steam distillation apparatus and development of creative thinking skills: A project-based learning*. *AIP Conference Proceedings*, 1848.

- Diawati, C., Liliyasi, Setiabudi, A., & Buchari. (2018). *Using Project-Based Learning to Design, Build, and Test Student-Made Photometer by Measuring the Unknown Concentration of Colored Substances. Journal of Chemical Education, 95(3), 468–475.*
- Ennis, R. H. (1996). *Critical Thinking*. USA: Practice- Hall, inc.
- Ennis, R. H. (2011). *The Nature of Critical Thinking. Informal Logic, 6(2), 1–8.*
- Facione. (1997). *Teaching For Intellegence Recognizing and encouraging Skillful thinking Behaviour.*
- Facione, P. A. (2015). *Permission to Reprint for Non-Commercial Uses Critical Thinking: What It Is and Why It Counts. Insight Assessment, 5(1), 1–30.*
- Faqumala, D. A., & Pranoto, Y. K. S. (2020). Kesiapan Anak Masuk Sekolah Dasar. *Penerbit NEM.*
- Firdaus, M., & Wilujeng, I. (2018). Pengembangan LKPD inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA, 4(1), 26–40.*
- Hake, R. R. (2002). *Interactive-engagement methods in introductory mechanics courses. Journal of Physics Education Research, 74, Prépublication.*
- Hamruni. (2015). Konsep Dasar Dan Implementasi Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Agama Islam, 12(2), 177–188.*
- Haryanto, M. P. (2020). Evaluasi pembelajaran (konsep dan manajemen). *UNY Press.*
- Haryono, H. E. (2019). *Kimia Dasar. Yogyakarta: Deepublish.*
- Hendri, Y. N., Gusnedi, & Ratnawulan. (2015). Pengaruh Jenis Kulit Pisang dan Variasi Waktu Permentasi Terhadap Kelistrikan dari Sel ACCU dengan Menggunakan Larutan Kulit Pisang. *Pillar of Physics, 6, 97–104.*
- Herlina, K., Viyanti, V., Abdurrahman, A., Ertikanto, C., & Divia, B. C. (2022). *Learning of Inquiry Sequences-Based E-Student Worksheet Assisted by Canva to Stimulate Hands-On Skills, Mind-On Activity, and Science Process Skills. Indonesian Journal of Science and Mathematics Education, 5(3), 318–329.*
- Herlina, K., Wicaksono, B. A., & Andriani, D. (2020). Efektivitas Penerapan Suplemen berbasis Kontekstual Terhadap Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Kajian, Penelitian Dan Pengembangan Kependidikan, 11(1), 12–19.*

- Hidayatul Muamanah, & Suyadi. (2020). Pelaksanaan Teori Belajar Bermakna David Ausubel Dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam. *Belajea: Jurnal Pendidikan Islam*, 5(1), 162–180.
- Hunaepi, H., Firdaus, L., Samsuri, T., Susantini, E., & Raharjo, R. (2020). Efektifitas Perangkat Pembelajaran Inkuiri Terintegrasi Kearifan Lokal Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Scholaria: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 10(3), 269–281.
- Ishak, A. M. F., Israwaty, I., & Halik, A. (2021). Penerapan Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Sekolah Dasar Kelas Lima di Kabupaten Baru. *Pinisi Journal Of Education*, 1(1), 38–58.
- Islamia, A. M., Sujatmiko, A. D., Adityawan, F. D. N., Anisyah, L. N., Wibowo, M. F., Barkah, M. H., Prasetyo, M. R., Yasin, N. A., & Daraninggar, T. G. (2020). Upaya Penjernihan Air Sumur Tidak Layak Konsumsi Di Desa Karangatak, Dengan Pemanfaatan Alat Sederhana Bermaterial Alami. *KREASI : Jurnal Inovasi Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 1–12.
- Khalifah, I., Sakti, I., & Sutarno, S. (2021). Pengembangan Lkpd Berbasis *Project Based Learning* Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Pada Materi Induksi Elektromagnetik. *DIKSAINS : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains*, 1(2), 69–80.
- Kieu Oanh, P. T., & Hong Nhung, N. T. (2022). *Constructivism learning theory: A Paradigm for Teaching and Learning English in secondary education in Vietnam*. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 12(12), 93–98.
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). *Project-based learning: A review of the literature*. *Improving Schools*, 19(3), 267–277.
- Liaotrakoon, W. (2013). *Characterization of dragon fruit (Hylocereus spp.) components with valorization potential*.
- Mahadewi, N. K. N., Suweken, G., & Ardana, I. M. (2024). Pengembangan LKPD Eksploratif Berbasis *Scratch* untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa Kelas VIII SMP. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(2), 1373–1385.
- Matondang, Z. (2018). Validitas dan Reliabilitas Suatu Instrumen Penelitian. *Applied Mechanics and Materials*, 496–500(1), 1510–1515.
- Meltzer, D. E. (2002). *The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gains in physics: A possible "hidden variable" in diagnostic pretest scores*. *American Journal of Physics*, 70(12), 1259–1268.

- Narayanan, V., Mahasalkar, R., Gadgil, P., Gokhale, K., Kothwal, M., & Snehal. (2005). *Alternative Energy Sources*. In *Two Days National Seminar on Alternative Energy Sources*.
- Nasrul, S. (2018). Pengembangan Bahan Ajar Tematik Terpadu Berbasis Model *Problem Based Learning* Di Kelas IV Sekolah Dasar. *Jurnal Inovasi Pendidikan Dan Pembelajaran Sekolah Dasar*, 2(1), 81–92.
- Nugraha, Y. T., Richardo, T., Dony, F., & Irwanto, M. (2022). Analisis Potensi Energi Sampah Sebagai Energi Alternatif Terbarukan Di Kota Medan. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 5(1), 1–4.
- Prastowo, A. (2019). Pengembangan Bahan Ajar Tematik. *Diva Press*.
- Pratiwi, E. P., Halang, B., & Widiyastuti, D. A. (2024). Pendidikan Pengembangan *E-Handout* Konsep Perubahan Lingkungan Kelas X SMA Berbasis Flipbook. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(6), 6345–6358.
- Pujjarini, N. R., & Sudarti, S. (2021). Potensi Energi Listrik Dan Tingkat Keasaman Pada Buah Jeruk Nipis Dan Belimbing Wuluh. *JFT: Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 8(1), 44.
- Putri, K. M., Helendra, & Rahmi, A. (2021). *Electrical Analysis of Red Dragon Fruit Stem (Hydrocereus polyrhizus) as a Source of Electrical Energy*. *Sainstek : Jurnal Sains Dan Teknologi*, 13(1), 38.
- Rajagukguk, A. S. F., Pakiding, M., & Rumbayan, M. (2015). Kajian Perencanaan Kebutuhan dan Pemenuhan Energi Listrik di Kota Manado. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 4(3), 1–11.
- Ratumanan, T. G., & Laurens, T. (2011). Penilaian Hasil Belajar pada Tingkat Satuan Pendidikan (2nd ed.). *Surabaya: Unesa University Press*.
- Sadeli, L. (2023). Mengukur Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Melalui Studi Kasus Menggunakan Video pada Pembelajaran Daring. *Seulas Pinang: Jurnal Pendidikan Bahasa Dan Sastra*, 5(2), 81–87.
- Safitri, I. A., Riyanto, R., & Argarini, D. F. (2023). Pemanfaatan Buah Dan Sayur Sebagai Sumber Energi Alternatif Pembuatan Bio- Baterai Di Sdn Parerejo 01. *Jpm Pambudi*, 7(02), 99–102.
- Salafa, F., Hayat, L., & Ma'ruf, A. (2020). Analisis Kulit Buah Jeruk (Citrus Sinensis) Sebagai Bahan Pembuatan Elektrolit Pada Bio-Baterai. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 2(1), 1–9.

- Santoso, S. H., & Mosik, M. (2019). Keefektifan LKS Berbasis STEM (*Science, Tehnology, Engineering and Mathematic*) untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Pembelajaran Fisika SMA. *Unnes Physics Education Jurnal*, 8(3), 248–253.
- Sariani, N., Prihantini, M. P., Winarti, P., Indrawati, S. P. I., Jumadi, S. P., I., Suradi, A., & Satria, R. (2021). Belajar dan pembelajaran. *Edu Publisher*.
- Sarwanto, Fajari, S. L. E. W., & Chumdari. (2021). *Critical Thinking Skills and Their Impacts Sarwanto Laksmi Evasufi Widi Fajari & Chumdari Faculty of Teacher Tranning and Education Universitas Sebelas Maret University , Indonesia. Malaysian Journal of Learning and Instruction*, 18(2), 161–188.
- Setiawan, A. M., Nugraheni, D., Munzil, M., Marsuki, M. F., Husnayaini, N., & Hanifiyah, F. (2020). Pembuatan Sel Baterai Berbasis Bahan Alam Melalui Pembelajaran Stem. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 9(1), 1.
- Setiyaningsih, S., & Subrata, H. (2023). Penerapan *Problem Based Learning* Terpadu Paradigma Konstruktivisme Vygotsky Pada Kurikulum Merdeka Belajar. *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, 9(2).
- Siagian, P., Suleman, N., Asrim, J. S. P., Tambi, Prihatini, S. E. W. W. O. Z., Budirohmi, A., & Armus, R. (2023). Energi Baru Terbarukan Sebagai Energi Alternatif. In *Yayasan Kita Menulis*.
- Sigalingging, R., & Sitorus, Y. (2024). *Journal of Sustainable Agriculture and Biosystems Engineering Study of Fruit Waste as Bio-battery Materials for Alternative Electricity. Journal of Sustainable Agriculture and Biosystems Engineering*, 02(01), 1–010.
- Stiggins, R. J., & Conklin, N. F. (1997). *In teachers' hands: Investigating the practices of classroom assessment*. Albany, NY: State University of New York Press.
- Suardipa, I. P. (2020). *Sociocultural-Revolution Ala Vygotsky Dalam Konteks Pembelajaran. Jurnal Widya Kumara Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 1(2), 48–58.
- Sudarmani, Rosana, D., & Pujiyanto. (2018). *Lesson Learned: Improving Students' Procedural and Conceptual Knowledge through Physics Instruction with Media of Wave, Sound, and Light. Journal of Physics: Conference Series*, 1097(1).
- Sudjana, N. (2005). *Metode Statistika*. Bandung: PT. Tarsito.

- Sukmayasa, I. M. H. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran *Project Based Learning* Terhadap Prestasi Belajar Statistik Pendidikan Mahasiswa PGSD. *Widyaguna: Jurnal Ilmiah Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 1(2), 22–29.
- Sumanti, V., Amprasto, & Suhandoko, A. D. J. (2025). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis STEM - *Project Based Learning* Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Keterampilan Kolaborasi Siswa SD. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 6(1), 130–155.
- Sunarya, Y. (2012). *Kimia Dasar 2*. Bandung: Yrama Widya.
- Supian, B., Suhendar, S., & Fahrizal, R. (2015). Studi Pemanfaatan Arus Laut Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif di Wilayah Selat Sunda. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 2(1), 49.
- Suryana, E., Aprina, M. P., & Harto, K. (2022). Teori Konstruktivistik dan Implikasinya dalam Pembelajaran. *JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5(7), 2070–2080.
- Suwartaya, A., E., Rujiyati, Saputra, S., & Setyaningsih, D. (2020). Panduan Pengembangan Bahan Ajar Pembelajaran Jarak Jauh (BA-PJJ) Sekolah Dasar. *Dinas Pendidikan Kota Pekalongan*.
- Syah, M. (2003). *Psikologi Belajar*. Jakarta : PT Raja Grafindo Persada.
- Thiagarajan, S., & Semmel. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. *Journal of School Psychology*, 14(1), 75.
- Vikram, M., Supriatno, B., & Anggraeni, S. (2020). Analisis Komponen Penyusun Lembar Kerja Peserta Didik Uji Golongan Darah Sistem ABO. *Biodik*, 6(4), 562–569.
- Wastyanti, A. (2021). Perkembangan Kognitif dan Pengaruh Sosiobudaya dalam Belajar. *At-Tahdzib: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Dasar*, 6(01), 59–71.
- Wibowo. (2017). *Manajemen Kinerja*. Edisi Kelima. Depok: Pt.Raja Grafindo Persada.
- Widiana, R., Sumarmin, R., Susanti, D., & Susanti, S. (2019). *The practicality of practicum guidance based guided inquiry approach on animals physiology course*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(2).
- Widianti, R. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Canva Pada Materi Konsep Ilmu Ekonomi Di Sekolah Menengah Atas Negeri 3 Tapung. *Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau*.

- 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.
- Yasa, W. K., Sukainah, A., & Rais, M. (2019). Pemanfaatan berbagai Limbah Buah – Buahan sebagai Sumber Energi Listrik. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian, 5*, 109–113.
- Yuniasih, Gularso, D., & Mulyaningsih, Y. T. (2025). Pengaruh Penerapan Model *Problem Based Learning* Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreatif Dalam Pelajaran Bahasa Indonesia. *Inovasi Pendidikan Nusantara, 6(1)*, 688–700.
- Yuwono, S., Diharto, D., & Pratama, N. W. (2021). Manfaat Pengadaan Panel Surya dengan Menggunakan Metode *On Grid*. *Energi & Kelistrikan, 13(2)*, 161–171.