

**EFEKTIVITAS e-LKPD BERBASIS PROYEK PENGOLAHAN
LIMBAH KULIT PISANG UNTUK MELATIHKAN
*CREATIVE THINKING SKILLS***

(SKRIPSI)

Oleh

**DWI PRATIWI
NPM 2213022027**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

EFEKTIVITAS e-LKPD BERBASIS PROYEK PENGOLAHAN LIMBAH KULIT PISANG UNTUK MELATIHKAN *CREATIVE THINKING SKILLS*

Oleh

DWI PRATIWI
NPM 2213022027

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang dalam melatih *creative thinking skills* peserta didik pada materi energi listrik alternatif. Penelitian ini dilakukan di SMA Negeri 1 Tegineneng menggunakan metode *mixed methods* dengan desain *embedded*, yang mengombinasikan data kuantitatif sebagai data utama dan kualitatif sebagai data pendukung. Penelitian ini melibatkan dua kelas eksperimen, yaitu eksperimen 1 dan eksperimen 2. Instrumen penelitian berupa soal tes uraian yang mengacu pada indikator *creative thinking skills* (*fluency, flexibility, originality, dan elaboration*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang yang diterapkan dengan model PjBL-STEM efektif dalam melatih *creative thinking skills* peserta didik. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan signifikan skor *pretest* ke *posttest* pada kedua kelas eksperimen, nilai rata-rata *N-Gain* dalam kategori tinggi (0.72 pada kelas eksperimen 1 dan 0.75 pada kelas eksperimen 2), serta hasil uji *paired sample t-test* yang menunjukkan peningkatan signifikan antara sebelum dan sesudah pembelajaran ($\text{sig.} < 0.05$). Peningkatan terjadi pada seluruh indikator *creative thinking skills*, meskipun dengan kecenderungan yang berbeda pada masing-masing kelas. Selain itu, hasil uji *Independent Sample T-test* menunjukkan nilai Sig. (2-tailed) sebesar 0.35 untuk peserta didik laki-laki dan 0.36 untuk perempuan ($\text{sig.} > 0.05$), sehingga tidak terdapat perbedaan peningkatan yang signifikan berdasarkan gender. Artinya, penerapan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang memberikan dampak yang setara terhadap peningkatan *creative thinking skills* pada kedua kelompok gender. Secara deskriptif, peserta didik perempuan menunjukkan peningkatan lebih tinggi pada indikator *originality* (0.76) dan *elaboration* (0.71) dibandingkan laki-laki yang peningkatannya lebih tinggi di indikator *fluency* (0.75) dan *flexibility* (0.75).

Kata kunci: PjBL-STEM, e-LKPD, *Creative Thinking Skills*, *Gender*

ABSTRACT

EFFECTIVENESS OF E-LKPD BASED ON A BANANA PEEL PROCESSING PROJECT TO TRAIN CREATIVE THINKING SKILLS

By

DWI PRATIWI

This study aims to determine the effectiveness of e-LKPD based on banana peel waste processing project in training students' creative thinking skills on alternative electrical energy material. This study was conducted at SMA Negeri 1 Tegayeneng using mixed methods with embedded design, which combines quantitative data as primary data and qualitative data as supporting data. This study involved two experimental classes, namely experiment 1 and experiment 2. The research instrument was in the form of essay test questions referring to creative thinking skills indicators (fluency, flexibility, originality, and elaboration). The results of the study showed that learning using e-LKPD based on banana peel waste processing project applied with the PjBL-STEM model was effective in training students' creative thinking skills. This was indicated by a significant increase in pretest to posttest scores in both experimental classes, the average N-Gain value in the high category (0.72 in experimental class 1 and 0.75 in experimental class 2), and the results of the paired sample t-test which showed a significant increase between before and after learning (sig. <0.05). Improvements occurred in all creative thinking skills indicators, although with different tendencies in each class. In addition, the results of the Independent Sample T-test showed a Sig. (2-tailed) value of 0.35 for male students and 0.36 for female students (sig. > 0.05), so there was no significant difference in improvement based on gender. This means that the implementation of e-LKPD based on the banana peel waste processing project had an equal impact on improving creative thinking skills in both gender groups. Descriptively, female students showed higher improvements in the originality (0.76) and elaboration (0.71) indicators compared to males who showed higher improvements in the fluency (0.75) and flexibility (0.75) indicators.

Kata kunci: PjBL-STEM, e-LKPD, *Creative Thinking Skills*, *Gender*

**EFEKTIVITAS e-LKPD BERBASIS PROYEK PENGOLAHAN
LIMBAH KULIT PISANG UNTUK MELATIHKAN
*CREATIVE THINKING SKILLS***

(SKRIPSI)

Oleh

**DWI PRATIWI
NPM 2213022027**

**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
2026**

Judul Skripsi : **EFEKTIVITAS e-LKPD BERBASIS
PROYEK PENGOLAHAN LIMBAH
KULIT PISANG UNTUK MELATIHKAN
CREATIVE THINKING SKILLS**

Nama Mahasiswa : **Dwi Pratiwi**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2213022027**

Program Studi : **Pendidikan Fisika**


Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**




Prof. Dr. Kartini Herlina, M.Si.
NIP 19650616 199102 2 001


Ryna Aulia Falamy, M.Si.P.
19940619 202406 2 001

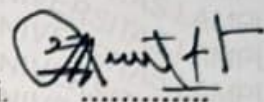
2. Ketua Jurusan


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

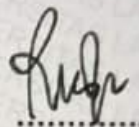
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

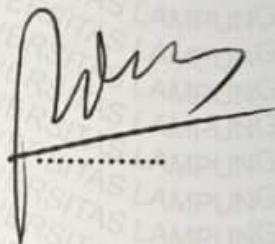
Ketua : Prof. Dr. Kartini Herlina, M.Si.



Sekretaris : Ryna Aulia Falamy, M.Si.P.



Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.



2. Dekan Fakultas



Dr. Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd.
NIP 19870504 201404 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 6 mei 2026

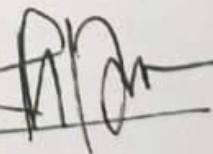
SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dwi Pratiwi
NPM : 2213022027
Program Studi : Pendidikan Fisika
Fakultas/Jurusan : KIP/Pendidikan MIPA
Alamat : Dusun Kresno Aji, Desa Kresno
Widodo, Kecamatan Tegineneng,
Kabupaten Pesawaran, Provinsi
Lampung.

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

Bandar Lampung, 06 Mei 2026



Dwi Pratiwi
2213022027

RIWAYAT HIDUP

Penulis skripsi ini bernama Dwi Pratiwi, lahir di dusun Kresno Aji, Desa Kresno Widodo, Kecamatan Tegineneng, Kabupaten Pesawaran pada tanggal 02 Februari 2004 sebagai anak ke dua dari pasangan Bapak Nasip Udin dan Ibu Tri Astuti. Pendidikan formal penulis dimulai pada tahun 2010 di SD Negeri 14 Tegineneng dan diselesaikan pada tahun 2016. Selanjutnya, penulis menempuh pendidikan di SMP Negeri 11 Pesawaran pada tahun 2016 hingga 2019. Pendidikan menengah atas dilanjutkan di SMA Negeri 1 Tegineneng pada tahun 2019 dan diselesaikan pada tahun 2022. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menempuh pendidikan sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika, penulis aktif dalam kegiatan organisasi dan kepanitiaan. Penulis pernah menjadi anggota Divisi Pendidikan ALMAFIKA serta Divisi Dana dan Usaha (DANUS) HIMASAKTA. Penulis juga berperan sebagai Koordinator Kesekretariatan pada kegiatan Gebyar Mahasiswa Pendidikan Eksakta (GEMPITA) tahun 2023, yaitu kegiatan perlombaan akademik bertema bidang eksakta tingkat nasional dan Sumatera bagian Selatan untuk siswa dan siswi SMA/MA/SMK. Selain itu, penulis menjadi anggota Publikasi, Dokumentasi, dan Desain (PDD) pada kegiatan Gelaran Lomba Sains dan Silaturahmi Pendidikan Fisika (GLORASKA) tahun 2023–2024 dan Seminar Kewirausahaan tahun 2024, serta mengikuti kegiatan relawan Bidikmisi *Goes to School* (BMGTS) tahun 2024. Pada tahun 2025, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode I di Kampung Bujung Tenuk, Kecamatan Menggala, Kabupaten Tulang Bawang, yang dilaksanakan bersamaan dengan Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) I dan II di SMP Negeri 4 Menggala.

MOTTO

“Tidak apa-apa merasa lelah.”

(Sal Priadi)

“Semua akan baik pada waktunya.”

(Yura Yunita)

“Success is the ability to go from failure to failure without losing enthusiasm”

(Winston Churchill)

“Keberhasilan tumbuh dari kebiasaan kecil yang terus dipelihara”

(Dwi Pratiwi)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin. Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, serta kepada Rasulullah SAW, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Dengan penuh rasa syukur dan kerendahan hati, karya tulis ini penulis persembahkan kepada:

1. Ibunda tercinta, Ibu Tri Astuti, sosok yang senantiasa menjadi sumber kasih sayang, doa, dan kekuatan bagi penulis. Dukungan, pengorbanan, dan ketulusan beliau menjadi pijakan utama dalam setiap langkah perjuangan penulis hingga mampu menyelesaikan Pendidikan ini.
2. Ayahanda tercinta, Bapak Nasip Udin, teladan dalam keteguhan, kerja keras, dan tanggung jawab yang selalu menjadi motivasi, doa, serta semangat tanpa henti. Segala pengorbanan dan dukungan beliau menjadi dorongan terbesar bagi penulis untuk terus berusaha menyelesaikan studi sebaik-baiknya.
3. Kakak tercinta, Rendi Firmansyah, penulis persembahkan karya ini sebagai wujud kasih sayang dan tanggung jawab sebagai adik. Terima kasih atas doa, dukungan, dan semangat yang selalu diberikan. Semoga pencapaian ini menjadi kebanggaan bersama dan motivasi untuk meraih kesuksesan.
4. Seluruh keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan, serta limpahan kasih sayang yang tak ternilai.
5. Sahabat dan teman-teman penulis yang senantiasa memberikan kebersamaan, dukungan, dan semangat.
6. Para pendidik yang dengan tulus memberikan ilmu, pengalaman, dan bimbingan kepada penulis.
7. Keluarga besar Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung.
8. Almamater tercinta, Universitas Lampung.

SWANCANA

Alhamdulillahirabbil'alamin. Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul "Efektivitas e-LKPD Berbasis Proyek Pengolahan Limbah Kulit Pisang untuk Melatihkan *Creative Thinking Skills*" dapat diselesaikan dengan baik sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Fisika di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Dr. Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd. selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
3. Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
4. Dr. Viyanti, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
5. Prof. Dr. Kartini Herlina, M.Si., selaku Pembimbing Akademik sekaligus Pembimbing I atas kesediaan beliau memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis selama penyusunan skripsi.
6. Ryna Aulia Falamy, M.Si.P., selaku pembimbing II, atas kesediaan beliau memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis selama penyusunan skripsi.

7. Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si. selaku pembahas yang selalu memberikan arahan dan saran untuk perbaikan skripsi ini.
8. Bapak dan Ibu dosen serta staf Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Lampung atas bimbingan, layanan, dan dukungan selama perkuliahan.
9. Meri Juwita, S.Pd., M.M., selaku Kepala SMA Negeri 1 Tegineneng yang telah mengizinkan penelitian.
10. Vina Agestiana, S.Pd., selaku guru mata pelajaran fisika SMA Negeri 1 Tegineneng yang telah membantu penulis selama penelitian berlangsung.
11. Peserta didik kelas X.1 dan X.2 SMA Negeri 1 Tegineneng yang telah membantu dan bekerja sama selama penelitian berlangsung.
12. Sahabat terbaik sejak awal perkuliahan hingga saat ini, Dwi Wulandari, yang selalu memberi dukungan sehingga perjalanan ini terasa lebih berarti.
13. Sahabat seperjuangan selama perkuliahan, Leni Maulina, dan Herti Meylia Sari, yang selalu berbagi canda tawa, kebahagiaan, dan semangat.
14. Rekan seperjuangan Dwi Rahayu yang selalu yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta membantu dalam proses penyusunan dan penyelesaian penelitian ini.
15. Teman-teman seperbimbingan Ibu Kartini, yaitu Dwi Rahayu, Mila, Nadia, Adinda, dan Kharinta, yang telah saling berbagi dan menyemangati dalam penyusunan skripsi ini.
16. Kakak ipar dan sepupu terkasih, Tantri dan Santika yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat dalam setiap langkah perjalanan ini.
17. Rekan pengabdian, yaitu Alifya Shabrina Permana dan Nurul Ramadhina Lutfi
18. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan nikmat kepada kita semua dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Bandar Lampung, 06 Mei 2026

Dwi Pratiwi
2213022027

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	0
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Ruang Lingkup.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kajian Teori.....	7
2.1.1 Teori Konstruktivisme Sosial	7
2.1.2 Teori Multimedia Pembelajaran	9
2.1.3 Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik	10
2.1.4 <i>Ill-Structured Problem</i>	11
2.1.5 <i>Well-Structured Problem</i>	12
2.1.6 <i>Problem Solving</i>	13
2.1.7 <i>Project Based Learning-STEM (PjBL-STEM)</i>	15
2.1.8 <i>Creative Thinking Skills</i>	18
2.1.9 <i>Creative Thinking Skills</i> Ditinjau dari Gender	21
2.1.10 <i>Alternative Energy</i>	23
2.1.11 <i>Alternative Electricity</i>	24
2.1.12 Karakteristik Limbah Kulit Pisang.....	26
2.1.13 <i>Hands-On Activity</i>	28
2.1.14 <i>Minds-On Activity</i>	29
2.2 Penelitian Relevan.....	30
2.3 Kerangka Pemikiran.....	32
2.4 Hipotesis Penelitian.....	36
III. METODE PENELITIAN	37
3.1 Pelaksanaan Penelitian	37
3.2 Populasi dan Sampel Penelitian	37
3.3 Variabel Penelitian.....	38

3.4 Desain Penelitian.....	38
3.5 Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	46
3.6 Instrumen Penelitian.....	48
3.7 Analisis Instrumen Penelitian.....	48
3.7.1 Uji Validitas.....	48
3.7.2 Uji Reliabilitas.....	50
3.8 Teknik Pengumpulan Data.....	51
3.8.1 Teknik Pengumpulan Data Hasil Belajar.....	51
3.8.2 Analisis Keterlaksanaan e-LKPD.....	52
3.8 Teknik Analisis Data dan Pengujian Hipotesis.....	53
3.9.1 Perhitungan <i>N-Gain</i>	53
3.9.2 Uji Normalitas.....	54
3.9.3 Uji Homogenitas.....	54
3.9.4 Uji Hipotesis.....	55
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	57
4.1 Hasil Penelitian.....	57
4.1.1 Data Nilai <i>Creative Thinking Skills</i>	57
4.1.2 Uji Hipotesis.....	62
4.1.3 Analisis Keterlaksanaan e-LKPD.....	64
4.2 Pembahasan.....	66
4.2.1 <i>Creative Thinking Skills</i>	66
4.2.2 Analisis Keterlaksanaan e-LKPD Berbasis Proyek Pengolahan Limbah Kulit Pisang.....	92
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	146
5.1 Kesimpulan.....	146
5.2 Saran.....	147
DAFTAR PUSTAKA.....	148
LAMPIRAN.....	158

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Fase Pembelajaran <i>Project-Based Learning-STEM</i>	17
2. Aktivitas <i>Creative Thinking Skills</i>	19
3. Karakteristik dalam Kulit Pisang	26
4. Penelitian Relevan.....	30
5. Desain Penelitian pada Kelas Eksperimen 1 dan 2	39
6. Tahap Pelaksanaan pada Kedua Kelas Eksperimen	47
7. Kriteria Uji Validitas Instrumen	49
8. Hasil Uji Validitas Instrumen <i>Creative Thinking Skills</i>	50
9. Kriteria Reliabilitas Instrumen.....	50
10. Uji Validitas Instrumen <i>Creative Thinking skills</i>	51
11. Kriteria Keterlaksanaan e-LKPD	52
12. Hasil Keterlaksanaan e-LKPD Berbasis Proyek Pengolahan Limbah Kulit Pisang pada Uji Kelompok Kecil.....	52
13. Klasifikasi <i>N-Gain</i>	54
14. Rata-rata Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest Creative Thinking Skills</i> pada Masing- masing Kelas	57
15. Hasil Perhitungan <i>N-Gain Creative Thinking Skills</i> Masing-masing Kelas ...	59
16. Hitung <i>N-Gain</i> Tiap Indikator <i>Creative Thinking Skills</i>	60
17. Uji Normalitas Data Hasil Penelitian.....	61
18. Uji Homogenitas Data Hasil Penelitian	62
19. Hasil Uji <i>Paired Sample T-test</i>	62
20. Hasil Uji <i>N-Gain</i> Menggunakan <i>Independent Sample T-test</i> Berdasarkan Gender.....	63

21. Analisis Keterlaksanaan e-LKPD Berbasis Proyek Kelas Eksperimen 1	64
22. Analisis Keterlaksanaan e-LKPD Berbasis Proyek Kelas Eksperimen 2	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran.....	35
2. <i>Sequential Embedded Design</i>	38
3. <i>N-Gain Creative Thinking Skills</i> pada Tiap Kelas	58
4. Perbandingan Hasil Rata-rata <i>Pretest</i> dan <i>Posttest Creative Thinking Skills</i> pada Tiap Kelas Eksperimen.....	67
5. Nilai Rata-rata <i>Pre-Post Test</i> Tiap Indikator	69
6. <i>N-Gain Creative Thinking Skills</i> pada Masing-masing Indikator	70
7. Perbandingan <i>N-Gain</i> Tiap Indikator <i>Creative Thinking Skills</i> Berdasarkan Gender.....	75
8. Jawaban <i>Pretest</i> Peserta Didik pada Soal 1a <i>Fluency</i>	80
9. Jawaban <i>Posttest</i> Peserta Didik pada Soal 1b <i>Fluency</i>	80
10. Jawaban <i>Pretest</i> Peserta Didik pada Soal 1b <i>Flexibility</i>	81
11. Jawaban <i>Posttest</i> Peserta Didik pada Soal 1b <i>Flexibility</i>	82
12. Jawaban <i>Pretest</i> Peserta Didik pada Soal 1c <i>Originality</i>	83
13. Jawaban <i>Posttest</i> Peserta Didik pada Soal 1c <i>Originality</i>	83
14. Jawaban <i>Pretest</i> Peserta Didik pada Soal 1d <i>Elaboration</i>	84
15. Jawaban <i>Posttest</i> Peserta Didik pada Soal 1d <i>Elaboration</i>	85
16. Jawaban <i>Pretest</i> Peserta Didik pada Nomor 2b <i>Fluency</i>	86
17. Jawaban <i>Posttest</i> Peserta Didik pada Nomor 2a <i>Fluency</i>	87
18. Jawaban <i>Pretest</i> Peserta Didik pada Soal 2b <i>Flexibility</i>	88
19. Jawaban <i>Posttest</i> Peserta Didik pada Soal 2b <i>Flexibility</i>	88
20. Jawaban <i>Pretest</i> Peserta Didik pada Soal 2c <i>Originality</i>	89
21. Jawaban <i>Posttest</i> Peserta Didik pada Soal 2c <i>Originality</i>	90
22. Jawaban <i>Pretest</i> Peserta Didik pada Soal 2d <i>Elaboration</i>	90

23. Jawaban <i>Posttest</i> Peserta Didik pada Soal 2d <i>Elaboration</i>	91
24. Grafik Hasil Analisis Keterlaksanaan e-LKPD Berbasis Proyek Pengolahan Limbah Kulit Pisang pada Masing-masing Kelas	92
25. Kegiatan <i>Fluency 1</i> pada Fase <i>Reflection</i>	94
26. Kegiatan <i>Fluency 2</i> pada Fase <i>Reflection</i>	95
27. Kegiatan Peserta Didik pada Fase <i>Reflection</i>	96
28. Kegiatan <i>Fluency</i> pada Fase <i>Reflection</i>	97
29. Contoh Jawaban Peserta Didik A pada Kegiatan <i>Fluency 1</i> fase <i>Reflection</i> ..	98
30. Contoh Jawaban Peserta Didik B pada Kegiatan <i>Fluency 1</i> Fase <i>Reflection</i> .	98
31. Contoh Jawaban Peserta Didik C pada Kegiatan <i>Fluency</i> Fase <i>Reflection</i>	99
32. Contoh Jawaban Peserta Didik D pada Kegiatan <i>Fluency 1</i> fase <i>Reflection</i> ...	99
33. Contoh Jawaban Peserta Didik A pada Kegiatan <i>Fluency</i> Fase <i>Reflection</i> ..	100
34. Contoh Jawaban Peserta Didik B pada Kegiatan <i>Fluency</i> Fase <i>Reflection</i> ..	101
35. Contoh Jawaban Peserta Didik C pada Kegiatan <i>Fluency</i> Fase <i>Reflection</i> ..	101
36. Contoh Jawaban Peserta Didik C pada Kegiatan <i>Fluency</i> Fase <i>Reflection</i> ..	102
37. Kegiatan e-LKPD pada Fase <i>Research</i>	104
38. Kegiatan <i>Flexibility</i> pada Fase <i>Research</i>	105
39. Kegiatan Peserta Didik pada Fase <i>Research</i>	106
40. Contoh Jawaban Peserta Didik A Kegiatan <i>Flexibility 1</i> pada <i>Research</i>	106
41. Contoh Jawaban Peserta Didik B Kegiatan <i>Flexibility 1</i> pada <i>Research</i>	107
42. Contoh jawaban peserta didik C kegiatan <i>flexibility 1</i> pada <i>research</i>	107
43. Contoh Jawaban Peserta Didik C Kegiatan <i>Flexibility 1</i> pada <i>Research</i>	108
44. Contoh Jawaban Peserta Didik A pada Kegiatan <i>Flexibility 2</i> Fase <i>Research</i>	108
45. Contoh Jawaban Peserta Didik B pada Kegiatan <i>Flexibility 2</i> Fase <i>Research</i>	109
46. Contoh Jawaban Peserta Didik C pada Kegiatan <i>Flexibility 2</i> Fase <i>Research</i>	109
47. Contoh Jawaban Peserta Didik D pada Kegiatan <i>Flexibility 2</i> Fase <i>Research</i>	109
48. Kegiatan <i>Flexibility</i> pada Fase <i>Discovery</i>	112
49. Kegiatan <i>Originality 1</i> pada Fase <i>Discovery</i>	113

50. Kegiatan Peserta Didik pada Fase <i>Discovery</i>	114
51. Contoh Jawaban Peserta Didik A pada Kegiatan Indikator <i>Flexibility</i> Fase <i>Discovery</i>	114
52. Contoh Jawaban Peserta Didik B pada Kegiatan Indikator <i>Flexibility</i> Fase <i>Discovery</i>	115
53. Contoh Jawaban Peserta Didik C pada Kegiatan Indikator <i>Flexibility</i> Fase <i>Discovery</i>	116
54. Contoh Jawaban Peserta Didik D pada Kegiatan Indikator <i>Flexibility</i> Fase <i>Discovery</i>	116
55. Jawaban Peserta Didik A Mengenai Alat dan Bahan.....	117
56. Jawaban Peserta Didik B Mengenai Alat dan Bahan	118
57. Jawaban Peserta Didik C Mengenai Alat dan Bahan.....	118
58. Jawaban Peserta Didik D Mengenai Alat dan Bahan.....	119
59. Kegiatan <i>Elaboration 1</i> pada Fase <i>Discovery</i>	120
60. Kegiatan <i>Elaboration 2</i> pada Fase <i>Discovery</i>	121
61. Jawaban Peserta Didik A Mengenai Prosedur Percobaan.....	122
62. Jawaban Peserta Didik B Mengenai Prosedur Percobaan.....	123
63. Jawaban Peserta Didik C Mengenai Prosedur Percobaan.....	123
64. Jawaban Peserta Didik D Mengenai Prosedur Percobaan	123
65. Jawaban Peserta Didik A pada Desain Proyek.....	125
66. Jawaban Peserta Didik B pada Desain Proyek.....	126
67. Jawaban Peserta Didik C pada Desain Proyek.....	126
68. Jawaban Peserta Didik D pada Desain Proyek	127
69. Jawaban Peserta Didik A tentang <i>Timeline</i> Proyek.....	128
70. Jawaban Peserta Didik B tentang <i>Timeline</i> Proyek.....	129
71. Jawaban Peserta Didik C tentang <i>Timeline</i> Proyek.....	130
72. Jawaban Peserta Didik D tentang <i>Timeline</i> Proyek.....	130
73. Kegiatan pada Fase <i>Application</i>	133
74. Kegiatan <i>Originality</i> pada Fase <i>Application</i>	134
75. Hasil Praktikum Peserta Didik A dengan Produk Pengolahan Limbah Kulit Pisang Muli	135

76. Hasil Praktikum Peserta Didik B dengan Produk Pengolahan Limbah Kulit Pisang Ambon	136
77. Kegiatan Praktikum Uji Coba Biobaterai Peserta Didik.....	138
78. Dokumentasi Praktikum Uji Coba Produk Biobaterai	138
79. Dokumentasi Praktikum Uji Coba Produk dengan LED	139
80. Kegiatan pada Fase <i>Communication</i>	141
81. Hasil Laporan Proyek dalam Bentuk Poster Ilmiah.....	142
82. Peserta Didik Melaporkan Hasil Proyek Biobaterai Melalui Presentasi.....	143

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman yang semakin pesat menuntut pendidikan untuk mampu menyesuaikan diri dengan kebutuhan global abad ke-21 (Gonzalez *et al.*, 2020). Era ini ditandai oleh kemajuan teknologi yang terus berkembang serta dinamika sosial yang menuntut individu agar mampu bersaing tidak hanya pada tingkat lokal, tetapi juga dalam persaingan global (Zou *et al.*, 2023). Perubahan tersebut berpengaruh signifikan terhadap dunia pendidikan, yang kini dituntut untuk mempersiapkan generasi yang adaptif, tangguh, dan kompetitif dalam menghadapi tantangan global abad ke-21 (Thornhill *et al.*, 2023). Tantangan dalam menyiapkan sumber daya manusia yang kompeten menjadi perhatian penting bagi berbagai negara, termasuk Indonesia (Wulandari dan Pujiyanto, 2025). Pendidikan perlu mengintegrasikan keterampilan abad ke-21 yang dikenal dengan keterampilan 6C, yaitu *critical thinking* (berpikir kritis), *creativity* (kreativitas), *communication* (komunikasi), *collaboration* (kolaborasi), *character* (karakter), dan *citizenship* (kewarganegaraan) ke dalam proses pembelajaran (Bulkis *et al.*, 2025). Guru memegang peran strategis dalam mengintegrasikan keterampilan 6C ke dalam proses pembelajaran melalui rancangan kegiatan yang kreatif, kontekstual, dan relevan dengan perkembangan teknologi (Shabrina dan Astuti, 2022).

Salah satu keterampilan yang perlu dikembangkan yaitu *creative thinking skills* (Wafa *et al.*, 2025). *Creative thinking skills* merupakan kemampuan untuk menghasilkan ide atau gagasan baru yang unik dan berbeda dari yang telah ada sebelumnya (Stoeffler dan Daley, 2023). *Creative thinking skills* dilatih

melalui pengaktifan imajinasi, pemanfaatan intuisi, serta pengungkapan berbagai gagasan baru yang layak untuk dieksplorasi (Yasiro *et al.*, 2021). Keterampilan ini dipandang sebagai suatu proses penting dalam membentuk individu yang mampu memberikan alternatif solusi terhadap permasalahan sosial dan lingkungan (Yusnaeni *et al.*, 2017; Karunarathne dan Calma, 2024). Salah satu wujud keterampilan ini terlihat dari kemampuan peserta didik dalam proses pembelajaran untuk menghasilkan gagasan baru serta menemukan solusi atas permasalahan maupun pertanyaan yang muncul dalam kehidupan. Gagasan baru dapat muncul melalui proses pengembangan dan penggabungan ide-ide yang telah ada sebelumnya menjadi solusi yang lebih inovatif (Karunarathne dan Calma, 2024). *Creative thinking skills* tidak hanya berperan dalam meningkatkan kualitas pembelajaran, tetapi juga menjadi bekal penting bagi peserta didik untuk menghadapi tantangan dan dinamika kehidupan abad ke-21 (Melur *et al.*, 2025).

Kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa keterampilan ini belum berkembang secara optimal. Pernyataan ini diperkuat oleh hasil penelitian (Wafa *et al.*, 2025) yang menunjukkan bahwa *creative thinking skills* peserta didik dalam pembelajaran fisika perlu dikembangkan. Peserta didik tampak lebih mampu dalam menghasilkan berbagai ide, namun masih mengalami kesulitan dalam mengembangkan ide-ide tersebut secara mendalam dan orisinal. Penerapan *creative thinking skills* sangat relevan dalam berbagai mata pelajaran, termasuk fisika, karena pembelajaran fisika menuntut peserta didik untuk mengembangkan ide, menemukan berbagai alternatif solusi, serta memahami konsep-konsep abstrak (Anjiana, 2025). Namun kenyataannya, *creative thinking skills* peserta didik dalam pembelajaran fisika masih rendah. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pemahaman konsep dasar serta minimnya dorongan dari pendidik untuk mengeksplorasi ide baru. Peserta didik cenderung berpikir kaku dan menyelesaikan masalah secara rutin serta kurang inovatif (Hamdi *et al.*, 2023).

Salah satu permasalahan dalam pembelajaran fisika adalah masih rendahnya *creative thinking skills* peserta didik, sehingga diperlukan topik pembelajaran yang kontekstual untuk melatih kemampuan tersebut. Salah satu topik fisika yang

relevan untuk melatih *creative thinking skills* adalah energi alternatif, karena selain berkaitan dengan konsep fisika, juga menuntut pemecahan masalah nyata seperti krisis energi dan keberlanjutan lingkungan (Yulna, 2025). Energi merupakan kebutuhan utama manusia, sementara meningkatnya jumlah penduduk menyebabkan konsumsi energi terus meningkat dan cadangan energi tak terbarukan menurun. Pemanfaatan energi baru terbarukan seperti panas bumi, tenaga air, angin, dan biomassa menjadi solusi penting untuk memenuhi kebutuhan energi secara berkelanjutan (Al Hakim, 2020). Salah satu bentuk penerapan energi terbarukan dapat dilakukan melalui pengolahan limbah menjadi sumber energi alternatif. Pengelolaan limbah menjadi tantangan besar di era modern karena berdampak negatif terhadap lingkungan. Pengolahan limbah yang tepat tidak hanya membantu mengurangi pencemaran, tetapi juga mendukung ketersediaan energi yang ramah lingkungan (Rakhmah *et al.*, 2023). Salah satu inovasi yang berpotensi menjadi sumber energi alternatif yaitu pengolahan limbah kulit pisang menjadi bio-baterai. Indonesia menghasilkan sekitar 9,2 juta ton pisang pada tahun 2022 (Nisa *et al.*, 2024). Namun, pengolahan limbah kulit pisang masih minim dan umumnya hanya dijadikan pupuk atau pakan ternak (Alifah *et al.*, 2022). Padahal, kulit pisang mengandung elektrolit alami yang mampu menghantarkan listrik, sehingga berpotensi dijadikan bahan dasar bio-baterai ramah lingkungan (Pulungan *et al.*, 2017). Pengolahan limbah kulit pisang menjadi bio-baterai ini dapat dijadikan sarana pembelajaran yang membantu peserta didik memahami konsep fisika secara konkret (Fikri *et al.*, 2012).

Penerapan pembelajaran yang efektif memerlukan bahan ajar inovatif, kontekstual, dan aplikatif, seperti Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Lembar kerja peserta didik merupakan salah satu sumber belajar berbentuk lembaran tugas yang berisi petunjuk pelaksanaan kegiatan, materi pembelajaran, dan evaluasi yang disusun berdasarkan kompetensi dasar yang harus dicapai oleh peserta didik (Tantinta *et al.*, 2025). Pada era digital saat ini, kebutuhan akan bahan ajar yang interaktif, fleksibel, dan mudah diakses terus meningkat. Pemanfaatan e-LKPD menjadi solusi relevan untuk menjawab tantangan tersebut. Bahan ajar ini

dirancang untuk meningkatkan pengalaman belajar peserta didik melalui integrasi elemen multimedia seperti teks, audio, visual, dan audiovisual (Harmita *et al.*, 2023). Pemanfaatan teknologi digital pada e-LKPD memungkinkan penyajian materi secara lebih menarik dan komunikatif, sehingga mampu meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran.

Pemanfaatan e-LKPD lebih optimal dalam menumbuhkan keterampilan abad ke-21, maka perlu diintegrasikan dengan model pembelajaran yang mendukung eksplorasi, kolaborasi, dan pemecahan masalah. Salah satu model yang sesuai yaitu *Project Based Learning-STEM*. Pembelajaran *Project Based Learning-STEM* merupakan model pembelajaran berbasis proyek yang mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika untuk memberikan pengalaman belajar kontekstual melalui kegiatan eksplorasi, perencanaan, kolaborasi, dan pembuatan produk (Jauhariyyah, 2017). Model ini memberikan kebebasan kepada peserta didik untuk mengeksplorasi pengetahuan secara mandiri maupun kolaboratif, memecahkan masalah nyata, serta menghasilkan suatu produk sebagai hasil akhir dari pembelajaran (Erlinawati *et al.*, 2019).

Penelitian mengenai e-LKPD berbasis proyek pernah dilakukan oleh (Raharjo *et al.*, 2025) yang mengembangkan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang untuk melatih *creative thinking skills* dan kompetensi psikomotorik. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa e-LKPD yang dikembangkan tergolong sangat valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan *creative thinking skills* serta psikomotor. Namun, penelitian tersebut masih terbatas pada lingkup kecil dan berfokus pada tahap pengembangan bahan ajar. Berdasarkan uraian permasalahan di atas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan e-LKPD dalam pembelajaran fisika masih perlu dioptimalkan agar mampu membantu peserta didik mengaitkan konsep energi alternatif dan kelistrikan dalam fisika dengan penerapan nyata dalam kehidupan sehari-hari sekaligus melatih *creative thinking skills*. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengujikan efektivitas e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang dengan model pembelajaran *Project Based Learning-STEM* (PjBL-STEM) dalam

melatihkan *creative thinking skills* peserta didik pada pembelajaran fisika topik *alternatif electricity*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana efektivitas e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang terhadap *creative thinking skills* peserta didik?
2. Apakah e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang efektif dalam melatih *creative thinking skills* peserta didik dengan gender yang berbeda?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dituliskan diatas, maka tujuan yang terdapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan efektivitas e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang terhadap *creative thinking skills* peserta didik.
2. Mengetahui ada atau tidaknya perbedaan *creative thinking skills* peserta didik laki-laki dan perempuan setelah pembelajaran menggunakan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan peneliti dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Peserta Didik
Penggunaan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang mampu meningkatkan *creative thinking skills* melalui pembelajaran dengan model PjBL-STEM.

2. Bagi Pendidik
e-LKPD dapat menjadi alternatif bahan ajar yang kontekstual dan interaktif, yang dapat diintegrasikan ke dalam pembelajaran, khususnya pada materi energi alternatif yang mampu meningkatkan *creative thinking skills* peserta didik.
3. Bagi Peneliti Selanjutnya
Penelitian ini dapat dijadikan rujukan untuk studi lanjutan yang mengimplementasikan e-LKPD berbasis proyek pada tema atau materi lainnya, serta dengan pendekatan keterampilan lain.

1.5 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. e-LKPD yang digunakan dalam penelitian ini adalah e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang yang dirancang untuk melatih *creative thinking skills* dan kompetensi psikomotorik peserta didik, sebagaimana yang dikembangkan oleh (Raharjo *et al.*, 2025).
2. Materi pembelajaran yang dijadikan fokus penelitian adalah materi energi alternatif khususnya *alternatif electricity*.
3. Fase pembelajaran PjBL-STEM yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada (Rush, 2010), yaitu *reflection, research, discovery, application, dan communication*.
4. Indikator *creative thinking skills* (keterampilan berpikir kreatif) pada penelitian ini mengacu pada (Wallach dan Torrance, 1968) yaitu *fluency, flexibility, originality, dan elaboration*.
5. Penelitian ini dilaksanakan di SMAN 1 Tegineneng dengan melibatkan dua kelas, yaitu kelas eksperimen satu (X.1) dan kelas eksperimen dua (X.2).
6. Analisis penggunaan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang dinilai berdasarkan hasil penilaian LKPD yang dikerjakan oleh peserta didik selama proses pembelajaran.
7. Peningkatan *creative thinking skills* diukur melalui hasil *pretest* dan *posttest* yang dianalisis menggunakan *N-Gain*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Teori Konstruktivisme Sosial

Teori belajar konstruktivisme sosial merupakan teori pembelajaran yang menyatakan bahwa pengetahuan dibangun melalui interaksi sosial. Teori ini dikemukakan oleh Lev Vygotsky yang menjelaskan bahwa proses belajar dipengaruhi oleh lingkungan sosial dan budaya. Oleh karena itu, proses pembelajaran menekankan partisipasi aktif, diskusi, dan kolaborasi antar peserta didik agar pemahaman dapat terbentuk secara lebih bermakna (Vygotsky, 1978).

Salah satu konsep utama dalam teori konstruktivisme sosial yang dikemukakan oleh Vygotsky adalah *Zone of Proximal Development (ZPD)*, yaitu jarak antara kemampuan peserta didik dalam belajar secara mandiri dengan kemampuan yang dapat dicapai melalui bantuan dari pihak yang lebih kompeten. Melalui proses tersebut, perkembangan kognitif peserta didik dapat meningkat secara bertahap. Penerapan konsep ini dalam pembelajaran dapat dilakukan melalui kegiatan diskusi, pemecahan masalah, pemberian *scaffolding*, serta kolaborasi antar peserta sehingga kemampuan yang belum dapat dicapai secara mandiri dapat berkembang secara optimal. Dalam proses ini, guru berperan sebagai fasilitator yang memberikan arahan, penjelasan, dan umpan balik untuk membimbing peserta didik dalam proses berpikir. Peserta didik terlibat secara aktif melalui komunikasi dua arah dengan guru maupun kolaborasi dengan teman sebaya saat mengerjakan tugas atau menyelesaikan proyek bersama (Vygotsky, 1978).

Scaffolding merupakan bantuan yang diberikan guru kepada peserta didik pada tahap awal pembelajaran ketika mengalami kesulitan, kemudian secara bertahap dikurangi seiring dengan meningkatnya kemampuan peserta didik. Bantuan tersebut dapat berupa petunjuk, arahan, dorongan, maupun motivasi dalam memecahkan masalah sehingga peserta didik mampu menyelesaikan tugas secara mandiri dan bertanggung jawab. Dengan demikian, *scaffolding* membantu peserta didik mencapai batas atas *Zone of Proximal Development (ZPD)* (Vygotsky, 1978).

Pada penelitian ini, teori belajar konstruktivisme sosial diterapkan dalam implementasi e-LKPD berbasis proyek melalui fase *reflection*, *research*, *discovery*, *application*, dan *communication*. Pada fase *reflection*, peserta didik mengamati permasalahan yang disajikan dalam e-LKPD mengenai limbah organik dan kebutuhan energi listrik. Pada fase ini, guru memberikan arahan melalui pertanyaan pemantik agar peserta didik dapat mengidentifikasi masalah dan menentukan proyek yang akan dilakukan. Pada fase *research*, peserta didik mencari informasi yang berkaitan dengan energi alternatif dan pemanfaatan limbah organik sebagai sumber energi listrik melalui berbagai sumber belajar. Guru memberikan bimbingan dengan memberikan penjelasan tambahan serta membantu peserta didik memahami informasi yang diperoleh. Selanjutnya, pada fase *discovery*, peserta didik merancang proyek dengan menentukan alat dan bahan, menyusun langkah kerja, membuat desain proyek, serta menyusun jadwal kegiatan, sementara guru memberikan petunjuk dan masukan agar rancangan proyek yang dibuat dapat dilaksanakan dengan baik.

Pada fase *application*, peserta didik melaksanakan proyek pengolahan limbah organik menjadi sumber energi listrik dengan merakit alat dan bahan, melakukan percobaan, serta melakukan pengukuran tegangan, arus, dan hambatan pada produk yang dibuat. Pada fase ini, guru memberikan bantuan ketika peserta didik mengalami kesulitan dalam proses percobaan. Terakhir, pada fase *communication*, peserta didik menyusun laporan hasil proyek dan mempresentasikan produk yang telah dibuat, sementara guru memberikan umpan balik dan arahan sebagai bagian

dari proses refleksi pembelajaran. Melalui bantuan yang diberikan secara bertahap tersebut, peserta didik dapat mengembangkan kemampuan secara mandiri sesuai dengan konsep *scaffolding* dalam teori konstruktivisme sosial.

2.1.2 Teori Multimedia Pembelajaran

Menurut Mayer (2005), teori kognitif pembelajaran multimedia menjelaskan bahwa proses belajar akan berlangsung lebih efektif apabila media pembelajaran memadukan unsur teks, gambar, suara, serta animasi, dengan tetap berlandaskan pada tiga prinsip utama.

- a. Saluran ganda (*dual channel*), yaitu manusia memiliki dua jalur utama dalam memproses informasi, yakni jalur visual yang berfungsi mengolah gambar serta jalur verbal yang memproses suara maupun teks.
- b. Kapasitas terbatas (*limited capacity*), yaitu setiap jalur hanya dapat menampung informasi dalam jumlah tertentu, sehingga materi pembelajaran perlu disusun dengan cermat agar tidak menimbulkan beban kognitif yang berlebihan pada peserta didik.
- c. Pemrosesan aktif (*active processing*), yaitu proses belajar akan lebih efektif dan bermakna ketika peserta didik secara aktif terlibat dalam menyeleksi, mengorganisasi, dan menghubungkan berbagai informasi hingga membentuk pemahaman yang menyeluruh.

Teori pembelajaran multimedia Mayer menjadi landasan teoretis dalam pemanfaatan e-LKPD berbasis proyek sebagai media digital pembelajaran. e-LKPD yang digunakan memadukan elemen teks, gambar, serta instruksi interaktif yang dirancang untuk membantu peserta didik memahami konsep fisika secara lebih konkret. Melalui perpaduan visual dan verbal tersebut, peserta didik diharapkan dapat membangun representasi mental yang lebih baik terhadap materi yang dipelajari serta mengaktifkan proses berpikir kreatif selama kegiatan proyek berlangsung. Dengan demikian, teori ini mendukung efektivitas penggunaan e-LKPD sebagai sarana untuk melatih *creative thinking skills* peserta didik,

bukan dalam konteks pengembangan media, melainkan pada penerapan pembelajaran berbasis multimedia yang interaktif dan bermakna.

2.1.3 Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik

Pada umumnya, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) merupakan salah satu perangkat pembelajaran yang berfungsi sebagai sarana pendukung dalam pelaksanaan rencana pembelajaran. LKPD biasanya berupa lembaran yang berisi informasi soal-soal yang harus dijawab oleh peserta didik. Penggunaan LKPD sangat efektif untuk meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik dalam proses belajar. Oleh karena itu, perancangan LKPD idealnya disesuaikan oleh guru sesuai dengan topik bahasan dan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai (Izzah *et al.*, 2024).

Seiring dengan kemajuan pesat dalam teknologi digital, terbuka peluang luas untuk menghadirkan materi pembelajaran dengan cara yang lebih kreatif dan inovatif. Salah satu bentuk inovasi dalam pembelajaran adalah mengalihkan penggunaan LKPD konvensional ke dalam format digital berbasis teknologi yaitu e-LKPD. *E-worksheet* atau yang lebih dikenal dengan e-LKPD merupakan lembar kerja digital yang dapat diakses oleh peserta didik kapan saja melalui perangkat seperti laptop atau *smartphone*. e-LKPD berisi panduan kegiatan belajar yang dirancang secara elektronik guna menunjang proses pembelajaran. Sebagai bahan ajar digital, e-LKPD disusun untuk membantu peserta didik memahami materi yang dipelajari secara lebih mendalam. Dengan demikian, e-LKPD dapat diartikan sebagai lembar kerja berbasis teknologi yang menyajikan arahan pembelajaran guna memperkuat pemahaman peserta didik terhadap materi yang sedang dipelajari (Julianti dan Efriani, 2025).

Bahan ajar ini memungkinkan penyajian konten berupa video, gambar, dan teks. Selain itu, e-LKPD dapat dirancang secara fleksibel sesuai kreativitas pendidik, sehingga tampil lebih menarik dan mampu mengoptimalkan proses pembelajaran (Pamungkas dan Fitriyani, 2023). Salah satu keunggulan utama dari e-LKPD

adalah efisiensinya yang menunjukkan bahwa e-LKPD mampu mengoptimalkan teknologi dalam proses pembelajaran. Penggunaan e-LKPD memungkinkan guru dan peserta didik memanfaatkan waktu serta sumber daya secara lebih efektif, sekaligus mengurangi waktu persiapan serta menekan biaya (Zikra *et al.*, 2025).

2.1.4 *Ill-Structured Problem*

Ill-structured problems merupakan jenis permasalahan yang umumnya muncul dari situasi nyata dalam kehidupan sehari-hari. Permasalahan ini tidak memiliki struktur yang jelas karena beberapa aspek masalah tidak dijelaskan secara rinci, sehingga informasi yang tersedia sering kali belum cukup untuk langsung menemukan solusi. Selain itu, deskripsi masalah juga tidak selalu terdefinisi dengan baik sehingga peserta didik perlu memahami sendiri konteks permasalahan yang diberikan (Chi dan Glaser, 1985). Oleh karena itu, *ill-structured problems* cenderung bersifat kompleks dan dapat berkembang sesuai dengan situasi yang dihadapi. Berbeda dengan masalah yang biasanya digunakan dalam pembelajaran di kelas, jenis masalah ini tidak memiliki satu solusi yang pasti, sehingga penyelesaiannya sering kali memerlukan pemahaman dari berbagai bidang ilmu (Leung, 2022).

Secara umum, *ill-structured problems* memiliki beberapa karakteristik, yaitu permasalahan tidak terdefinisi dengan jelas karena terdapat unsur masalah yang belum diketahui atau belum pasti (Wood, *et al.*, 1983). Permasalahan ini juga memiliki tujuan yang kurang jelas serta batasan yang tidak dinyatakan secara eksplisit (Auni *et al.*, 2023). Selain itu, masalah ini memungkinkan adanya berbagai alternatif solusi atau jalur penyelesaian yang berbeda. Dalam proses penyelesaiannya, terdapat berbagai kriteria yang dapat digunakan untuk mengevaluasi solusi yang dihasilkan, sementara beberapa parameter dalam masalah tidak mudah dikendalikan atau dimanipulasi. Permasalahan ini juga sering berkaitan dengan kasus-kasus tertentu yang memiliki tingkat kepentingan berbeda tergantung pada konteksnya. Selain itu, terdapat ketidakpastian mengenai konsep, aturan, dan prinsip yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah, serta

hubungan antara konsep tersebut dapat berbeda pada setiap situasi. Masalah jenis ini juga tidak memiliki aturan umum yang dapat digunakan untuk menjelaskan atau memprediksi semua kasus. Oleh karena itu, peserta didik perlu menentukan tindakan yang tepat, mengemukakan pendapat atau keyakinan terhadap masalah yang dihadapi, serta membuat keputusan dan mempertahankan alasan dari keputusan tersebut (Jonassen, 1997).

Berdasarkan penjelasan tersebut, *ill-structured problem* merupakan bentuk permasalahan yang sering dijumpai dalam kehidupan nyata dan memiliki berbagai kemungkinan solusi yang dapat dikembangkan oleh peserta didik. Permasalahan seperti ini relevan untuk diterapkan dalam pembelajaran karena dapat mendorong peserta didik berpikir secara kreatif dalam menemukan solusi yang tepat. Dalam penelitian ini, *ill-structured problem* diintegrasikan dalam penggunaan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang. Melalui kegiatan proyek tersebut, peserta didik dihadapkan pada permasalahan nyata terkait pemanfaatan limbah kulit pisang yang belum memiliki satu solusi pasti, sehingga peserta didik dituntut untuk mengidentifikasi masalah, mengembangkan ide, serta merancang solusi yang inovatif. Dengan demikian, penerapan *ill-structured problem* melalui e-LKPD berbasis proyek diharapkan dapat melatih dan meningkatkan *creative thinking skills* peserta didik dalam proses pembelajaran.

2.1.5 Well-Structured Problem

Well-structured problems merupakan jenis permasalahan yang umum digunakan dalam pembelajaran, khususnya dalam bentuk latihan atau soal pada buku teks yang bertujuan untuk menerapkan konsep, aturan, dan prinsip yang telah dipelajari. Permasalahan ini memiliki kondisi awal, tujuan, serta prosedur penyelesaian yang jelas dan sistematis, sehingga sering disebut sebagai *transformation problems* (Jonassen, 1997).

Secara umum, *well-structured problems* menyajikan seluruh unsur masalah secara jelas, memiliki parameter yang pasti, serta diselesaikan melalui penerapan aturan

dan prinsip yang terbatas dan terstruktur. Pengetahuan yang digunakan biasanya berasal dari satu bidang ilmu tertentu, sehingga solusi yang dihasilkan cenderung bersifat konvergen dan dapat diprediksi (Auni *et al.*, 2023).

Dalam pembelajaran, *well-structured problems* digunakan untuk melatih pemahaman konsep dan kemampuan menerapkan materi. Namun, kemampuan dalam menyelesaikan masalah ini tidak selalu mencerminkan kemampuan peserta didik dalam menghadapi permasalahan nyata yang bersifat kompleks dan tidak terstruktur. Oleh karena itu, pembelajaran perlu melibatkan permasalahan kontekstual agar peserta didik mampu mengembangkan kemampuan berpikir yang lebih luas (Jonassen, 1997).

Berdasarkan hal tersebut, pembelajaran berbasis proyek menjadi salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk melatih *creative thinking skills*. Dalam penelitian ini, pendekatan tersebut diimplementasikan melalui e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang, yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengeksplorasi ide, memecahkan masalah nyata, dan menghasilkan solusi inovatif.

2.1.6 Problem Solving

Problem solving merupakan aktivitas yang kompleks, tidak hanya sekadar mengoperasikan bagian tertentu dari suatu masalah untuk memperoleh solusi. Dalam proses pemecahan masalah, terdapat berbagai komponen kognitif seperti fakta, konsep, aturan, dan prinsip yang saling berinteraksi (Jonassen, 1997). Proses ini melibatkan interaksi antara pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik dengan informasi baru yang diperoleh ketika memahami permasalahan (Adanan *et al.*, 2020). Melalui proses tersebut, peserta didik diarahkan untuk menentukan solusi berdasarkan pengetahuan yang dimilikinya. Dalam pembelajaran, permasalahan yang digunakan tidak hanya berupa masalah yang terstruktur dengan baik (*well-structured problems*), tetapi juga mencakup masalah yang tidak terstruktur dengan baik (*ill-structured problems*) yang banyak

ditemukan dalam kehidupan sehari-hari (Syukri *et al.*, 2023). *Ill-structured problems* merupakan masalah yang muncul dari suatu situasi dalam konteks tertentu, di mana beberapa aspek permasalahan tidak dijelaskan secara spesifik, deskripsi masalah kurang jelas, serta informasi yang diberikan tidak lengkap. Oleh karena itu, peserta didik perlu mengidentifikasi dan memahami konteks masalah secara mandiri sebelum menentukan solusi yang tepat.

Peserta didik perlu menguasai keterampilan pemecahan masalah dalam berbagai jenis permasalahan tersebut (Setyarini *et al.*, 2021). Ketika dihadapkan pada *ill-structured problems*, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mengidentifikasi permasalahan yang terdapat dalam situasi tersebut. Hal ini karena dalam *ill-structured problems*, permasalahan dapat disajikan secara eksplisit maupun tersirat (Jonassen, 1997). Selanjutnya, peserta didik mengidentifikasi informasi penting atau kata kunci dari konteks masalah yang diberikan, kemudian membangun representasi masalah sesuai dengan situasi yang dihadapi (Avdiji *et al.*, 2018). Dari representasi masalah tersebut, peserta didik diharapkan mampu menyusun justifikasi atau argumen yang mendukung solusi yang dipilih. Hal ini disebabkan karena *ill-structured problems* memungkinkan adanya berbagai alternatif solusi, jalur penyelesaian yang berbeda, serta beragam kriteria dalam mengevaluasi solusi. Apabila solusi yang diperoleh belum sesuai dengan situasi permasalahan, maka peserta didik perlu membangun kembali representasi masalah untuk menemukan solusi alternatif hingga diperoleh solusi yang paling tepat (Avdiji *et al.*, 2018).

Tahapan penyelesaian *ill-structured problems* berbeda dengan tahapan penyelesaian *well-structured problems* karena karakteristik masing-masing jenis masalah berbeda (Jonassen, 1997). Tahapan pemecahan *ill-structured problems* meliputi: (a) merepresentasikan masalah, (b) menghasilkan solusi, (c) memberikan justifikasi, serta (d) melakukan pemantauan dan evaluasi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini peneliti menggunakan tahapan pemecahan masalah tersebut sebagai acuan.

Berdasarkan uraian mengenai *problem solving*, *well-structured problems*, dan *ill-structured problems*, dapat dipahami bahwa pembelajaran perlu memberikan pengalaman kepada peserta didik untuk menghadapi permasalahan yang bersifat kontekstual dan terbuka. Permasalahan tersebut menuntut peserta didik untuk mengembangkan berbagai alternatif solusi sehingga dapat melatih *creative thinking skills*. Oleh karena itu, pembelajaran yang dirancang melalui model *Project Based Learning (PjBL)-STEM* dapat menjadi salah satu model yang tepat. Dalam penelitian ini, pendekatan tersebut diwujudkan melalui penggunaan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang, di mana peserta didik dihadapkan pada permasalahan nyata terkait pemanfaatan limbah kulit pisang. Melalui kegiatan proyek tersebut, peserta didik diharapkan mampu mengidentifikasi masalah, merancang solusi, serta mengembangkan ide-ide inovatif dengan memanfaatkan konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Dengan demikian, penerapan e-LKPD berbasis proyek dengan model PjBL-STEM diharapkan efektif dalam melatih dan meningkatkan *creative thinking skills* peserta didik.

2.1.7 Project Based Learning-STEM (PjBL-STEM)

Project Based Learning (PjBL)-STEM merupakan model yang menggabungkan unsur sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam kegiatan proyek untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan bermakna. Melalui PjBL-STEM, peserta didik dilatih untuk bereksplorasi, merancang, dan melaksanakan proyek secara kolaboratif hingga menghasilkan produk nyata, sehingga tidak hanya memahami konsep secara teoritis tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah dalam konteks kehidupan sehari-hari (Jauhariyyah, 2017).

Karakteristik PjBL-STEM memiliki kesamaan dengan PjBL pada umumnya, namun penekanannya lebih diarahkan pada penerapan teknologi dalam proses pembelajaran untuk mempermudah peserta didik memperoleh solusi dari suatu permasalahan. Model ini menuntun peserta didik melalui beberapa fase

pembelajaran yang sistematis dengan memadukan konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Melalui integrasi tersebut, peserta didik tidak hanya memahami konsep secara teoritis, tetapi juga mampu mengaplikasikan pengetahuan yang dimiliki untuk menyelesaikan masalah nyata secara kreatif dan inovatif. Pembelajaran PjBL-STEM biasanya dilaksanakan melalui beberapa fase yang saling berkesinambungan, di mana setiap fase berperan penting dalam mencapai tujuan pembelajaran. Melalui proses tersebut, peserta didik didorong untuk aktif berpikir kritis, berkolaborasi, dan mengembangkan keterampilan abad ke-21 yang relevan dengan kebutuhan dunia modern (Alfiana *et al.*, 2026).

Pembelajaran PjBL-STEM memiliki keterkaitan yang kuat dengan teori konstruktivisme sosial yang menyoroti peran interaksi sosial dalam proses pembentukan pengetahuan. Dalam model ini, peserta didik tidak hanya berperan sebagai penerima secara pasif, melainkan juga terlibat secara aktif dalam kolaborasi melalui eksplorasi, diskusi, dan refleksi untuk membangun pemahaman baru secara bermakna (Millen, 2023). Teori konstruktivisme sosial menjadi dasar dalam penerapan model pembelajaran PjBL-STEM dengan menekankan pentingnya kolaborasi antar peserta didik dalam menyelesaikan proyek-proyek yang kontekstual dan bermakna. Proses pembelajaran ini bertumpu pada interaksi sosial, baik antar sesama peserta didik maupun guru. Interaksi yang efektif akan membentuk lingkungan belajar yang kondusif bagi pengembangan kemampuan kognitif serta keterampilan sosial yang dimiliki peserta didik (Salsabila dan Gumiandari, 2024).

Pembelajaran PjBL-STEM, guru berperan sebagai fasilitator yang membantu peserta didik untuk berpikir kritis, berbagi ide, dan membangun pemahaman secara mandiri. Di samping itu, pembelajaran ini turut mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam proses belajar, sehingga mereka dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis, berpikir kreatif, serta keterampilan bekerja sama secara efektif (Widyasmah *et al.*, 2020). *Project based learning*-STEM terdiri dari beberapa fase utama yang saling terintegrasi untuk meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa terhadap suatu permasalahan. Adapun fase pembelajaran

project-based learning pada penelitian ini adalah *reflection*, *research*, *discovery*, *application*, dan *communication* (Rush, 2010). Adapun fase dari pembelajaran *project-based learning* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Fase Pembelajaran *Project-Based Learning*-STEM

Fase	Aktivitas Guru	Aktivitas Peserta Didik
<i>Reflection</i>	Guru memberikan orientasi awal mengenai permasalahan kontekstual terkait meningkatnya kebutuhan energi listrik serta dampak limbah organik di lingkungan, khususnya limbah kulit pisang. Guru juga menyajikan wacana, data, dan informasi dalam e-LKPD untuk memunculkan kesadaran peserta didik terhadap permasalahan energi dan lingkungan.	Peserta didik mengamati wacana, data, dan informasi yang disajikan dalam e-LKPD, kemudian mengidentifikasi permasalahan terkait kebutuhan energi listrik dan limbah kulit pisang di lingkungan sekitar.
<i>Research</i>	Guru memfasilitasi peserta didik dalam mempelajari konsep energi alternatif dan pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai sumber energi listrik melalui berbagai sumber belajar serta membimbing diskusi awal mengenai kemungkinan proyek yang dapat dilakukan.	Peserta didik melakukan eksplorasi konsep dengan mempelajari materi energi alternatif melalui sumber bacaan, video, internet, serta berdiskusi dalam kelompok untuk menentukan tujuan proyek, manfaat proyek, dan jenis produk biobaterai yang akan dikembangkan.
<i>Discovery</i>	Guru membimbing peserta didik dalam merancang proyek pengolahan limbah kulit pisang menjadi energi listrik alternatif serta mengarahkan penyusunan perencanaan proyek secara sistematis.	Peserta didik secara berkelompok merancang proyek dengan menentukan alat dan bahan, menyusun prosedur kerja, membuat desain produk biobaterai, menyusun jadwal kegiatan (timeline), serta membagi peran dan tanggung jawab dalam kelompok.
<i>Application</i>	Guru memantau dan membimbing peserta didik dalam pelaksanaan proyek serta memberikan arahan selama proses pembuatan dan pengujian produk.	Peserta didik melaksanakan proyek sesuai rancangan dengan merakit biobaterai dari limbah kulit pisang, melakukan pengujian, mencatat hasil percobaan, serta menganalisis data yang diperoleh dan mengidentifikasi kendala yang dihadapi.
<i>Communication</i>	Guru meminta peserta didik untuk mempresentasikan hasil proyek yang telah dilakukan serta memberikan umpan balik terhadap hasil kerja peserta didik.	Peserta didik mengomunikasikan hasil proyek melalui presentasi dan mendemonstrasikan produk yang telah dibuat di hadapan guru dan peserta didik lainnya.

(Rush, 2010)

Berdasarkan Tabel 1, sintak pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL-STEM) dilaksanakan melalui lima fase, yaitu *reflection*, *research*, *discovery*, *application*, dan *communication*. Pada fase *reflection*, peserta didik diberikan orientasi mengenai permasalahan kontekstual yang berkaitan dengan kebutuhan energi listrik dan pemanfaatan limbah kulit pisang melalui e-LKPD, kemudian mengidentifikasi masalah yang akan dikaji. Selanjutnya pada fase *research*, peserta didik mencari dan mempelajari informasi tentang energi alternatif serta pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai sumber energi listrik melalui berbagai sumber belajar dengan bimbingan guru. Pada fase *discovery*, peserta didik secara berkelompok merancang proyek dengan menentukan alat dan bahan, menyusun langkah kerja, serta membuat desain produk yang akan dikembangkan.

Fase *application* dilakukan dengan melaksanakan proyek pembuatan biobaterai dari limbah kulit pisang, melakukan pengujian, serta mencatat dan menganalisis hasil percobaan dengan arahan guru. Fase terakhir yaitu *communication*, peserta didik mempresentasikan dan mendemonstrasikan hasil proyek yang telah dibuat kepada guru dan peserta didik lainnya.

2.1.8 Creative Thinking Skills

Creative thinking skills merupakan proses kognitif yang berperan penting dalam menentukan solusi atas permasalahan yang dihadapi. Proses ini mencakup cara berpikir orisinal, fleksibel, dan reflektif dalam menghasilkan gagasan, ide, atau produk yang bersifat kompleks. Melalui keterampilan ini, individu dapat mengeksplorasi berbagai alternatif penyelesaian, memilih solusi yang tepat, menghasilkan ide atau produk yang inovatif, serta *Creative thinking skills* merupakan salah satu aspek penting untuk dilatihkan dan dikembangkan dalam pembelajaran sains, karena berkontribusi terhadap tumbuhnya kreativitas peserta didik. Peserta didik dengan kreativitas tinggi akan lebih terbuka terhadap ide-ide baru. Mereka mampu menghasilkan produk yang orisinal serta berkelanjutan (Pursitasari *et al.*, 2023).

Creative thinking skills mencerminkan kemampuan untuk menghasilkan berbagai ide dan sudut pandang baru, menunda pengambilan keputusan terlalu cepat, serta mengeksplorasi hubungan yang tidak biasa (Ramalingam *et al.*, 2020). Dalam proses ini, kuantitas dan keunikan ide menjadi faktor kunci. Ide-ide yang tampak sederhana dapat dikombinasikan secara inovatif untuk menghasilkan solusi yang orisinal. Individu yang berpikir kreatif tidak terpaku pada pendekatan konvensional, melainkan terbuka terhadap gagasan tak terduga yang tetap relevan dan kontekstual. Kemampuan ini juga membuat seseorang lebih peka terhadap berbagai permasalahan, seperti kurangnya informasi, ketidaksesuaian data, atau adanya elemen yang belum terpenuhi. Melalui proses kreatif, individu akan mampu mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis, mengevaluasi serta serta memodifikasi ide, melakukan pengujian ulang, dan akhirnya mengkomunikasikan hasil secara efektif (Almeida *et al.*, 2008). Penelitian ini mengacu pada konsep *creative thinking skills* yang dikembangkan oleh (Wallach dan Torrance, 1968).

Adapun aktivitas *Creative Thinking Skills* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Aktivitas *Creative Thinking Skills*

No	Indikator <i>Creative Thinking Skills</i>	Aktivitas
1.	<i>Fluency</i>	<ol style="list-style-type: none"> Mengidentifikasi tiga pokok masalah dari suatu wacana atau informasi Menyusun tiga rumusan masalah berdasarkan wacana Menuliskan tiga gagasan tentang proyek yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan suatu permasalahan limbah organik dan kekurangan energi listrik
2.	<i>Flexibility</i>	<ol style="list-style-type: none"> Menyusun tiga gagasan tentang tujuan yang akan dicapai melalui proyek pengolahan limbah organik Menuliskan tiga gagasan mengenai pentingnya pelaksanaan proyek pengolahan limbah organik
3.	<i>Elaboration</i>	<ol style="list-style-type: none"> Menuliskan rincian fungsi alat, bahan, atau sumber energi alternatif yang diperlukan dalam suatu proyek Menuliskan uraian prosedur pelaksanaan proyek secara rinci

No	Indikator <i>Creative Thinking Skills</i>	Aktivitas
		3. Menjelaskan fungsi dan kegunaan setiap komponen yang terdapat pada rancangan proyek 4. Menyusun laporan secara sistematis berdasarkan hasil dari pelaksanaan proyek 5. Merumuskan kendala-kendala yang dihadapi selama proses pelaksanaan proyek 6. Menyajikan hasil proyek dalam presentasi 7. Menjelaskan prosedur & hasil kerja secara lisan. 8. Memberikan argumen/jawaban atas pertanyaan dari kelompok lain
4.	<i>Originality</i>	1. Menyusun rincian alat dan bahan yang berbeda dalam pelaksanaan suatu proyek 2. Menuliskan gagasan tentang variasi komposisi atau kombinasi bahan yang berbeda dalam suatu proyek 3. Menyusun uraian prosedur yang berbeda dari proyek pada umumnya 4. Menggambarkan desain proyek dengan menggunakan alat atau cara yang belum umum digunakan 5. Menyusun gagasan tentang jadwal kegiatan proyek disertai penjelasan mengenai waktu, tempat, dan cara pelaksanaannya 6. Menuliskan gagasan tentang pembagian tugas dalam kelompok proyek disertai deskripsi peran setiap anggota 7. Merakit alat, bahan, atau komponen yang diperlukan dalam proyek 8. Melaksanakan praktik proyek untuk membuktikan keberhasilan produk atau hasil kerja 9. Mendokumentasikan setiap tahapan pelaksanaan proyek 10. Mengumpulkan informasi mengenai metode atau cara untuk menguji kualitas produk atau proyek

(Wallach dan Torrance, 1968)

Berdasarkan Tabel 2, setiap kegiatan pada e-LKPD dirancang untuk melatih *creative thinking skills* peserta didik secara bertahap dan terintegrasi. Aktivitas yang disusun tidak hanya menuntut peserta didik memahami konsep, tetapi juga mendorong mereka menghasilkan ide baru, memecahkan masalah, serta mengembangkan produk yang orisinal. Setiap indikator *creative thinking skills*, seperti kelancaran (*fluency*), keluwesan (*flexibility*), orisinalitas (*originality*), dan elaborasi (*elaboration*) tercermin dalam aktivitas e-LKPD. Peserta didik dilatih untuk menghasilkan berbagai ide dalam memecahkan permasalahan limbah kulit

pisang, memilih solusi yang paling efektif, serta mengembangkan ide tersebut menjadi produk nyata yang bernilai guna. Penerapan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang diharapkan tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep lingkungan, tetapi juga menumbuhkan *creative thinking skills* peserta didik dalam menghadapi permasalahan kontekstual di kehidupan nyata.

2.1.9 *Creative Thinking Skills* Ditinjau dari Gender

Kemampuan berpikir kreatif (*creative thinking skills*) merupakan salah satu keterampilan penting abad ke-21 yang perlu dikembangkan dalam pembelajaran fisika. Berpikir kreatif mencakup kemampuan menghasilkan ide yang orisinal, fleksibel, dan elaboratif dalam menyelesaikan permasalahan (Wallach dan Torrance, 1968). Dalam konteks pendidikan, keterampilan ini tidak hanya dipengaruhi oleh strategi pembelajaran, tetapi juga oleh faktor individu, salah satunya adalah gender.

Pada dasarnya, setiap individu memiliki potensi berpikir kreatif yang berbeda-beda. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti pengalaman belajar, pola pikir, serta cara individu dalam memandang dan menyelesaikan suatu permasalahan. Salah satu faktor yang turut memengaruhi perbedaan tersebut adalah gender, yang tidak hanya berkaitan dengan aspek biologis, tetapi juga berkaitan dengan perbedaan cara berpikir dan strategi kognitif (Trianggono dan Yauannita, 2018).

Dalam kaitannya dengan gender, beberapa penelitian menunjukkan bahwa secara umum tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara *creative thinking skills* laki-laki dan perempuan. Hal ini mengindikasikan bahwa keduanya memiliki potensi yang relatif sama dalam mengembangkan *creative thinking skills*. Namun demikian, apabila ditinjau lebih mendalam pada setiap indikator, terdapat perbedaan karakteristik dalam proses berpikir kreatif antara laki-laki dan perempuan (Madyani *et al.*, 2019).

Laki-laki cenderung lebih unggul pada aspek *fluency* dan *flexibility*, yaitu mampu menghasilkan banyak ide serta memberikan variasi solusi yang beragam dalam menyelesaikan masalah. Hal ini menunjukkan bahwa laki-laki lebih eksploratif dalam mengemukakan gagasan. Sebaliknya, perempuan cenderung lebih unggul pada aspek *elaboration*, yaitu mampu mengembangkan dan merinci ide secara lebih sistematis dan detail. Selain itu, beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa perempuan memiliki kecenderungan lebih teliti dalam menyusun jawaban, meskipun variasi ide yang dihasilkan relatif lebih terbatas (Trianggono dan Yauannita, 2018).

Perbedaan karakteristik tersebut tidak terlepas dari perbedaan strategi kognitif yang digunakan oleh laki-laki dan perempuan dalam berpikir. Laki-laki cenderung menggunakan pendekatan yang lebih bebas dan variatif dalam menghasilkan ide, sedangkan perempuan lebih menekankan pada ketelitian dan kedalaman dalam mengembangkan ide yang sudah ada. Meskipun demikian, perbedaan ini tidak menunjukkan adanya keunggulan mutlak pada salah satu gender, melainkan hanya perbedaan dalam cara atau proses berpikir (Abraham *et al.*, 2013).

Lebih lanjut, penelitian terbaru juga menegaskan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara *creative thinking skills* siswa laki-laki dan perempuan secara keseluruhan. Hal ini menunjukkan bahwa faktor pembelajaran memiliki peran yang lebih besar dalam mengembangkan *creative thinking skills* dibandingkan dengan faktor gender. Oleh karena itu, strategi pembelajaran yang tepat sangat diperlukan untuk mengoptimalkan potensi kreatif setiap peserta didik (Melur *et al.*, 2025).

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa gender memengaruhi karakteristik *creative thinking skills*, terutama pada aspek proses dan pola berpikir, namun tidak secara signifikan memengaruhi tingkat kemampuan secara umum. Dengan demikian, pembelajaran perlu dirancang secara inklusif dan adaptif agar dapat mengakomodasi perbedaan karakteristik tersebut, sehingga *creative thinking skills* peserta didik dapat berkembang secara optimal tanpa memandang gender.

2.1.10 *Alternative Energy*

Energi memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi dan pengembangan sumber daya manusia. Seiring meningkatnya populasi dunia, kebutuhan energi juga terus bertambah. Ketergantungan terhadap sumber energi tak terbarukan seperti batu bara, minyak bumi, dan gas menyebabkan penurunan cadangan serta berdampak negatif terhadap lingkungan. Selain itu, keterbatasan sumber daya tersebut mengakibatkan meningkatnya harga energi dan menuntut pengembangan sumber energi yang lebih berkelanjutan (Khan, 2006). Salah satu solusi yang dapat dikembangkan adalah pemanfaatan energi alternatif, yaitu energi yang digunakan sebagai pengganti bahan bakar konvensional untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Energi alternatif berperan penting dalam menekan ketergantungan terhadap bahan bakar berbasis hidrokarbon yang menghasilkan emisi karbon dioksida tinggi dan berkontribusi pada pemanasan global. Seiring perkembangan teknologi, berbagai jenis energi alternatif kini dikembangkan sesuai kebutuhan dan konteks penggunaannya dalam kehidupan nyata (Supriatna *et al.*, 2020).

Istilah energi alternatif merujuk pada sumber energi seperti tenaga surya, angin, dan air yang bersifat terbarukan dan tidak menimbulkan polusi. Sumber energi ini menjadi alternatif pengganti bahan bakar fosil tradisional seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Energi alternatif sering dianggap identik dengan istilah energi terbarukan atau energi bersih karena berasal dari sumber daya yang dapat diperbarui secara alami. Berbeda dengan bahan bakar fosil yang membutuhkan waktu jutaan tahun untuk terbentuk kembali, sumber seperti matahari, angin, dan air tersedia setiap hari. Meskipun tidak berasal dari bahan bakar fosil, energi nuklir umumnya tidak digolongkan sebagai energi alternatif karena menghasilkan limbah radioaktif yang berbahaya bagi lingkungan (Siagian *et al.*, 2023).

2.1.11 *Alternative Electricity*

Salah satu wujud nyata dari penerapan energi alternatif dalam kehidupan sehari-hari adalah pengembangan listrik alternatif, yang berfungsi menggantikan peran bahan bakar fosil dalam penyediaan energi listrik secara lebih ramah lingkungan. Salah satu bentuk pemanfaatan energi alternatif yang ramah lingkungan adalah pengembangan biobaterai, yang memanfaatkan bahan-bahan alami dari lingkungan sekitar sebagai sumber energinya. Biobaterai merupakan salah satu inovasi dalam pengembangan sumber energi alternatif yang memanfaatkan bahan-bahan organik dari alam sebagai penghasil energi listrik. Teknologi ini memanfaatkan mikroorganisme seperti bakteri atau enzim dalam proses yang dikenal sebagai *Microbial Fuel Cell* (MFC), yaitu sistem yang mengubah energi kimia dari bahan organik menjadi energi listrik secara langsung. Proses ini menjadikan biobaterai sebagai teknologi yang ramah lingkungan dan berpotensi digunakan dalam berbagai kondisi alami. Biobaterai masih menghadapi sejumlah tantangan, seperti output daya yang relatif rendah dan masa pakai yang terbatas, potensinya sebagai sumber energi berkelanjutan tetap sangat besar. Salah satu keunggulan biobaterai adalah kemampuannya untuk memanfaatkan beragam bahan organik sebagai bahan bakar, serta kemampuannya untuk beroperasi dalam kondisi lingkungan yang beragam. Seiring kemajuan dalam bidang ilmu material, rekayasa teknik, dan bioteknologi, berbagai upaya penelitian dan pengembangan terus dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan daya tahan biobaterai agar dapat menjadi alternatif yang layak terhadap baterai konvensional (Rauf, 2023).

Salah satu bahan alami yang berpotensi digunakan dalam pembuatan biobaterai adalah kulit pisang. Kulit pisang diketahui memiliki kemampuan menghantarkan arus listrik karena mengandung senyawa-senyawa elektrolit alami. Berdasarkan karakteristik tersebut, kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti elektrolit dalam baterai komersial, sehingga menjadi alternatif yang ramah lingkungan dalam pengembangan teknologi biobaterai (Nurfazri *et al.*, 2018). Baterai merupakan alat yang terdiri atas satu atau lebih sel elektrokimia yang dihubungkan ke luar untuk menyediakan energi bagi perangkat elektronik. Ketika

baterai mengalirkan energi listrik, kutub positif berfungsi sebagai katode, sementara kutub negatif berperan sebagai anoda. Kutub negatif ini menjadi sumber elektron yang mengalir melalui rangkaian eksternal menuju kutub positif. Ketika terhubung dengan beban listrik, terjadi reaksi reduksi-oksidasi (redoks) yang mengubah zat bereaksi berenergi tinggi menjadi produk dengan energi lebih rendah (Nurfazri *et al.*, 2018).

Selisih energi bebas tersebut dimanfaatkan sebagai energi listrik oleh rangkaian eksternal. Baterai berfungsi dengan mengubah energi kimia secara langsung menjadi energi listrik. Komponen utamanya adalah beberapa sel volta, yang masing-masing terdiri atas dua sel setengah yang tersambung secara seri melalui elektrolit konduktif yang mengandung ion positif (kation) dan ion negatif (anion). Salah satu sel setengah memiliki elektrolit dan elektroda negatif, tempat anion bergerak. Sementara itu, sel setengah lainnya memiliki elektrolit dan elektroda positif, tempat kation bergerak. Proses redoks memungkinkan baterai dapat diisi ulang. Saat pengisian daya, kation mengalami reduksi (menangkap elektron) di katode, dan anion mengalami oksidasi (melepaskan elektron) di anode. Ketika baterai digunakan, reaksi ini berlangsung sebaliknya. Elektroda tidak saling bersentuhan langsung, melainkan terhubung melalui elektrolit. Beberapa jenis sel, elektrolit yang digunakan pada masing-masing sel setengah berbeda, dan sebuah separator digunakan untuk memungkinkan pergerakan ion di antara keduanya tanpa mencampurkan elektrolit tersebut (Noer dan Dayana, 2021).

Secara umum, baterai berfungsi sebagai penyimpan sekaligus pemasok energi listrik. Sumber listrik yang digunakan berfungsi sebagai pembangkit dengan menghasilkan arus searah (DC). Baterai tersusun atas sejumlah sel kimia, yang masing-masing terdiri dari dua elektroda logam yang dicelupkan dalam larutan penghantar yang disebut elektrolit (Arifia *et al.*, 2025). Melalui reaksi kimia antara elektroda dan elektrolit, terbentuk anoda yang bermuatan positif dan katoda bermuatan negatif. Secara prinsip, baterai merupakan alat yang menyimpan energi dan melepaskannya dalam bentuk energi listrik (Muhlisin, 2015).

Adapun struktur sel kering mangan (baterai Kering)

- Anoda (elektroda negatif): Logam seng (Zn), yang juga berfungsi sebagai pembungkus bagian dalam baterai.
- Katoda (elektroda positif): Batang karbon/grafit (C) yang berada di tengah baterai.
- Elektrolit: Campuran mangan dioksida (MnO_2), amonium klorida (NH_4Cl), dan serbuk karbon (C) dalam bentuk pasta.

Adapun reaksi yang terjadi pada baterai:

- Anoda (reaksi oksidasi): $Zn(s) \rightarrow Zn(aq)^{2+} + 2e^-$
- Katoda (reaksi reduksi): $2MnO_2(s) + 2NH_4^+(aq) + 2e^- \rightarrow Mn_2O_3(s) + 2NH_3(aq) + H_2O(l)$
- Reaksi Total (Redoks): $Zn(s) + 2MnO_2(s) + 2NH_4^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Mn_2O_3(s) + 2NH_3(aq) + H_2O(l)$

(Nasution, 2021)

2.1.12 Karakteristik Limbah Kulit Pisang

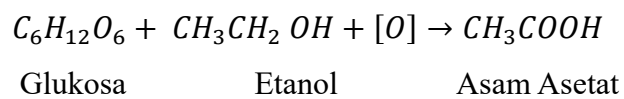
Kulit pisang yang selama ini sering dianggap sebagai limbah ternyata mengandung berbagai nutrisi yang cukup bernilai. Menurut Singgih dan Ikhwan (2018), kulit pisang memiliki kandungan nutrisi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik dalam Kulit Pisang

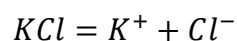
No	Kandungan dalam Kulit Pisang	Jumlah
1.	Air (%)	68,90
2.	Karbohidrat (%)	18,50
3.	Lemak (%)	2,11
4.	Protein (%)	0,32
5.	Kalium (mg/100 gram)	71,5
6.	Klorida (mg/100 gram)	1,0
7.	Fosfor (mg/100 gram)	11,7
8.	Besi (mg/100 gram)	1,6
9.	Vitamin:	
	B (mg/100 gram)	0,12
	C (mg/100 gram)	17,5

(Singgih dan Ikhwan, 2018)

Kulit pisang memiliki kandungan karbohidrat yang beragam mineral penting, seperti kalium, magnesium, fosfor, klorida, kalsium, serta besi. Karbohidrat di dalamnya tersusun atas glukosa. Apabila glukosa dicampurkan dengan air kemudian disimpan dalam kondisi udara selama beberapa hari, maka akan berlangsung proses fermentasi menghasilkan etanol. Seiring berjalannya waktu, etanol dapat mengalami perubahan oksidasi dan berubah menjadi asam asetat (asam etanoat). Adapun reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut:



Asam asetat termasuk ke dalam golongan elektrolit. Kulit pisang yang telah mengalami fermentasi akan menghasilkan sifat asam karena adanya kandungan asam asetat. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengukuran menggunakan indikator pH universal, yang menunjukkan nilai pH berada pada rentang 4-5 (Muhlisin, 2015). Selain asam asetat, kulit pisang juga memiliki kandungan elektrolit seperti kalium dan garam klorida. Kedua zat ini dapat bereaksi membentuk kalium klorida. Adapun reaksi ionisasi yang berlangsung dapat dituliskan sebagai berikut:



Aliran arus listrik terjadi karena seng berfungsi sebagai katode (kutub positif) yang menarik ion-ion bermuatan negatif, sementara tembaga sebagai anode (kutub negatif) yang menarik ion-ion bermuatan positif.

(Muhlisin, 2015).

Ketika pasta kulit pisang yang mengandung air bersentuhan langsung dengan logam seng dan tembaga, seng berperan sebagai kutub positif (+) atau katoda, sedangkan tembaga sebagai kutub negatif (-) atau anoda. Kontak antara ketiga bahan tersebut memicu terjadinya proses ionisasi dalam larutan, sehingga elektron dapat bergerak bebas. Aliran elektron yang stabil inilah yang kemudian menghasilkan arus listrik (Arizona *et al.*, 2021). Menurut penelitian yang

dilakukan oleh Raharjo *et al.* (2025), hasil pengukuran selama tujuh hari berturut-turut menunjukkan bahwa biobaterai berbahan dasar kulit pisang menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 0,84 volt dan arus rata-rata sebesar 0,28 ampere. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan bio-baterai kulit pisang dalam menghantarkan arus listrik disebabkan oleh konstruksinya yang serupa dengan baterai konvensional. Berdasarkan kandungan yang terdapat pada kulit pisang tersebut, penelitian ini memanfaatkan kulit pisang sebagai bahan dasar pembuatan biobaterai dalam proyek pembelajaran. Melalui pengolahan limbah kulit pisang, peserta didik tidak hanya memahami konsep sains yang relevan, tetapi juga melatih *creative thinking skills*.

2.1.13 Hands-On Activity

Hands-on activity merupakan kegiatan pembelajaran yang dirancang untuk melibatkan peserta didik secara aktif dalam menggali informasi, mengajukan pertanyaan, melakukan eksplorasi, mengumpulkan dan menganalisis data, serta menyusun kesimpulan secara mandiri. Dalam proses tersebut, peserta didik diberi kebebasan untuk membangun pemahaman dan penemuan mereka sendiri, sehingga aktivitas berlangsung dengan menyenangkan, tanpa tekanan, dan disertai motivasi yang tinggi. Melalui kegiatan *hands-on*, peserta didik memperoleh pengalaman langsung yang membantu mereka membangun pemahaman secara mendalam. Aktivitas ini memungkinkan pembelajaran yang terpadu, mencakup pengembangan keterampilan psikomotorik, pemahaman konsep (pengetahuan), serta sikap (afektif), yang umumnya dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas laboratorium atau media sejenis (Lei *et al.*, 2025).

Pendekatan pembelajaran berbasis *hands-On* memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk terlibat langsung dalam pengalaman belajar yang mendukung pengembangan kemampuan berpikir, keterampilan menggunakan alat, merancang eksperimen, berkomunikasi, mengajukan pertanyaan, merumuskan hipotesis, melakukan observasi, serta menyampaikan pendapat (Vioreza *et al.*, 2020). Bahan ajar kontekstual berbasis kegiatan *hands-on* yang dikembangkan dalam

penelitian telah terbukti memenuhi kriteria kelayakan, kepraktisan, dan keefektifan dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika pada peserta didik. Melalui keterlibatan langsung dalam aktivitas praktik, peserta didik dapat lebih mudah memahami konsep abstrak fisika secara konkret, sehingga proses belajar menjadi lebih bermakna dan relevan dengan pengalaman nyata mereka (Arifuddin *et al.*, 2022).

Pembelajaran sains kontekstual didasarkan pada pendekatan konstruktivisme, yang memandang bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui interaksi langsung dengan lingkungan belajar. Dalam pandangan konstruktivisme sosial Vygotsky, interaksi sosial menjadi sarana utama bagi anak-anak dalam mempelajari dan menginternalisasi pengetahuan serta nilai-nilai budaya mereka (Saksono *et al.*, 2023). Dalam pembelajaran fisika, penerapan *hands-on activities* menjadi strategi yang efektif untuk melibatkan peserta didik dalam proses eksplorasi konsep melalui percobaan nyata. Melalui aktivitas tersebut, peserta didik tidak hanya memperoleh pemahaman konsep secara mendalam, tetapi juga terdorong untuk berinovasi dan merancang suatu produk atau alat berdasarkan hasil penemuan mereka sendiri (Uki *et al.*, 2017).

2.1.14 *Minds-On Activity*

Minds-on activity adalah aktivitas yang menitikberatkan pada pemahaman konsep utama, mendorong peserta didik mengembangkan proses berpikir, mengajukan pertanyaan, serta mencari jawaban, sehingga pengetahuan mereka bertambah dan pemahaman dapat tercapai (Fadhila *et al.*, 2021). Berdasarkan penelitian (Hirca, 2013), proses pembelajaran di kelas akan berlangsung lebih aktif apabila melibatkan aktivitas fisik (*hands-on activity*) maupun aktivitas psikis (*minds-on activity*). Secara garis besar, aktivitas manusia terbagi menjadi dua yaitu *minds-on* dan *hands-on*. *Minds-on activity* mengacu pada kegiatan yang melibatkan kemampuan berpikir, bernalar, dan menganalisis. Sedangkan *hands-on activity* lebih menekankan keterampilan yang memanfaatkan gerak tubuh. Proses berpikir dipandang sebagai aktivitas kognitif yang berperan dalam memperoleh

pengetahuan. *Hands-on activity* sendiri mendorong peserta didik untuk aktif mencari informasi dengan cara bertanya, melakukan kegiatan, menemukan, mengumpulkan data, menganalisis, hingga menarik kesimpulan. Dengan menggabungkan kegiatan fisik dan aktivitas berpikir (*minds-on activity*), proses belajar menjadi lebih bermakna (Hirca, 2013).

Berdasarkan informasi tersebut, pada penelitian ini konsep *hands-on activity* muncul ketika peserta didik secara langsung melakukan pengolahan limbah kulit pisang menjadi biobaterai, sehingga menjadi pengalaman nyata. Sementara itu, *minds on activity* diwujudkan melalui keterlibatan peserta didik dalam menganalisis, mengembangkan ide, serta mengevaluasi hasil proyek yang dikerjakan peserta didik. Kedua aktivitas ini saling melengkapi dalam e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang karena melalui kombinasi kegiatan fisik dan mental, peserta didik tidak hanya memperoleh pengalaman praktik, tetapi juga terlatih mengembangkan *creative thinking skills*.

2.2 Penelitian Relevan

Adapun penelitian relevan berdasarkan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Penelitian Relevan

Nama Peneliti	Nama Jurnal	Judul Artikel	Hasil Penelitian
(Rahayu dan Wulandari, 2025)	<i>Jurnal Pijar MIPA</i>	<i>Creative Thinking Skills Through Project-Based Learning (PjBL)-STEM Model</i>	Penelitian ini bertujuan mengukur peningkatan keterampilan berpikir kreatif siswa melalui penerapan model PjBL-STEM. Hasilnya menunjukkan peningkatan skor rata-rata dari 48,23 menjadi 88,09 dengan <i>N-Gain</i> 0,77 (kategori tinggi). Uji Paired Sample T-test (sig. 0.000 < 0.05) membuktikan adanya pengaruh signifikan, dengan peningkatan tertinggi pada indikator <i>elaboration</i> (30%) dan terendah pada <i>originality</i> (18%).
(Purnama et al., 2024)	<i>Jurnal Pendidikan Progresif</i>	<i>The Effect of Science Process Skills-based Worksheet to Improve Creative Thinking of High School Physics Students in Indonesia</i>	Penelitian Purnama et al. (2024) menunjukkan bahwa penggunaan LKPD berbasis keterampilan proses sains (KPS) secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa SMA pada materi

Nama Peneliti	Nama Jurnal	Judul Artikel	Hasil Penelitian
(Sari <i>et al.</i> , 2025)	<i>Journal of Innovation in Educational and Cultural Research</i>	<i>Effectiveness of PjBL Worksheet Based on Local Potential to Improve Critical and Creative Thinking Skills of Phase E High School Student</i>	fluida. Skor rata-rata meningkat dari 16,3 menjadi 32,03, dengan peningkatan pada semua indikator, sedangkan kelas kontrol yang menggunakan metode konvensional hanya mengalami peningkatan minimal.
(Audia <i>et al.</i> , 2025)	Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan	Penggunaan e-LKPD Berbasis PjBL untuk Meningkatkan Kreativitas Siswa SMAN 3 Kota Jambi Melalui Pemanfaatan Limbah Organik Kulit Pisang dalam Materi Green Chemistry	Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-LKPD berbasis PjBL yang dikembangkan memperoleh kategori sangat layak, dengan skor rata-rata 4,6 oleh ahli materi, 4,7 oleh ahli media, dan 4,5 oleh guru. Respon peserta didik juga sangat positif, yaitu 93,9% pada uji individu dan 94,5% pada uji kelompok kecil.
(Mulyaningrum <i>et al.</i> , 2025)	Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)	<i>Improving Student's Creative Thinking Skills Using Worksheets Based STEM-Project</i>	Mulyaningrum, Fadiawati, dan Herlina (2025) mengembangkan LKPD berbasis STEM-PjBL dengan konteks pembuatan peuyeum dan terbukti efektif meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa SMA. Validasi ahli, respon guru, dan siswa menunjukkan kategori sangat tinggi, sementara hasil <i>pretest-posttest</i> meningkat signifikan dari 41,85 menjadi 72,99 (sig. 0.000 < 0.05, <i>N-Gain</i> sedang).

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran berbasis proyek dan penggunaan e-LKPD dapat memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan *creative thinking skills* peserta didik. Rahayu dan Wulandari menyatakan bahwa model *Project Based Learning* (PjBL)-STEM mampu melatih *creative thinking skills* peserta didik secara signifikan dan mendorong mereka untuk lebih aktif dalam merancang solusi

terhadap permasalahan kontekstual. Temuan serupa juga diungkapkan oleh Purnama dan rekan-rekannya yang menjelaskan bahwa LKPD berbasis keterampilan proses sains dapat meningkatkan *creative thinking skills* melalui kegiatan eksperimen dan penyelidikan ilmiah. Sementara itu, Sari dan koleganya menegaskan bahwa pembelajaran berbasis proyek dengan integrasi STEM mendorong peserta didik untuk berpikir terbuka, inovatif, dan mampu menghasilkan ide-ide orisinal dalam konteks kehidupan nyata.

Meskipun penelitian-penelitian sebelumnya telah membuktikan efektivitas model PjBL dan e-LKPD dalam meningkatkan *creative thinking skills*, masih terdapat kesenjangan penelitian yang belum banyak dieksplorasi. Belum banyak kajian yang secara spesifik implementasi e-LKPD berbasis proyek yang berfokus pada pengolahan limbah kulit pisang sebagai konteks pembelajaran pada materi energi alternatif. Selain itu, sebagian besar penelitian terdahulu belum meninjau kemungkinan adanya perbedaan efektivitas berdasarkan karakteristik gender peserta didik, padahal faktor tersebut berpotensi memengaruhi cara berpikir dan pencapaian hasil belajar. Dengan demikian, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui pengembangan dan penerapan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang sebagai media pembelajaran kontekstual yang bertujuan untuk melatih *creative thinking skills* peserta didik, sekaligus meninjau perbedaan efektivitasnya berdasarkan gender.

2.3 Kerangka Pemikiran

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang dalam melatih *creative thinking skills* peserta didik pada materi energi alternatif. Sebelum pembelajaran dimulai, seluruh peserta didik diberikan *pretest* untuk mengetahui kemampuan awal *creative thinking skills*. Hasil *pretest* menunjukkan bahwa *creative thinking skills* peserta didik masih berada pada kategori rendah. Selanjutnya, pembelajaran diberikan dalam bentuk *treatment* pada dua kelas eksperimen, yaitu kelas eksperimen 1 dan kelas eksperimen 2. Kedua kelas memperoleh perlakuan yang sama berupa

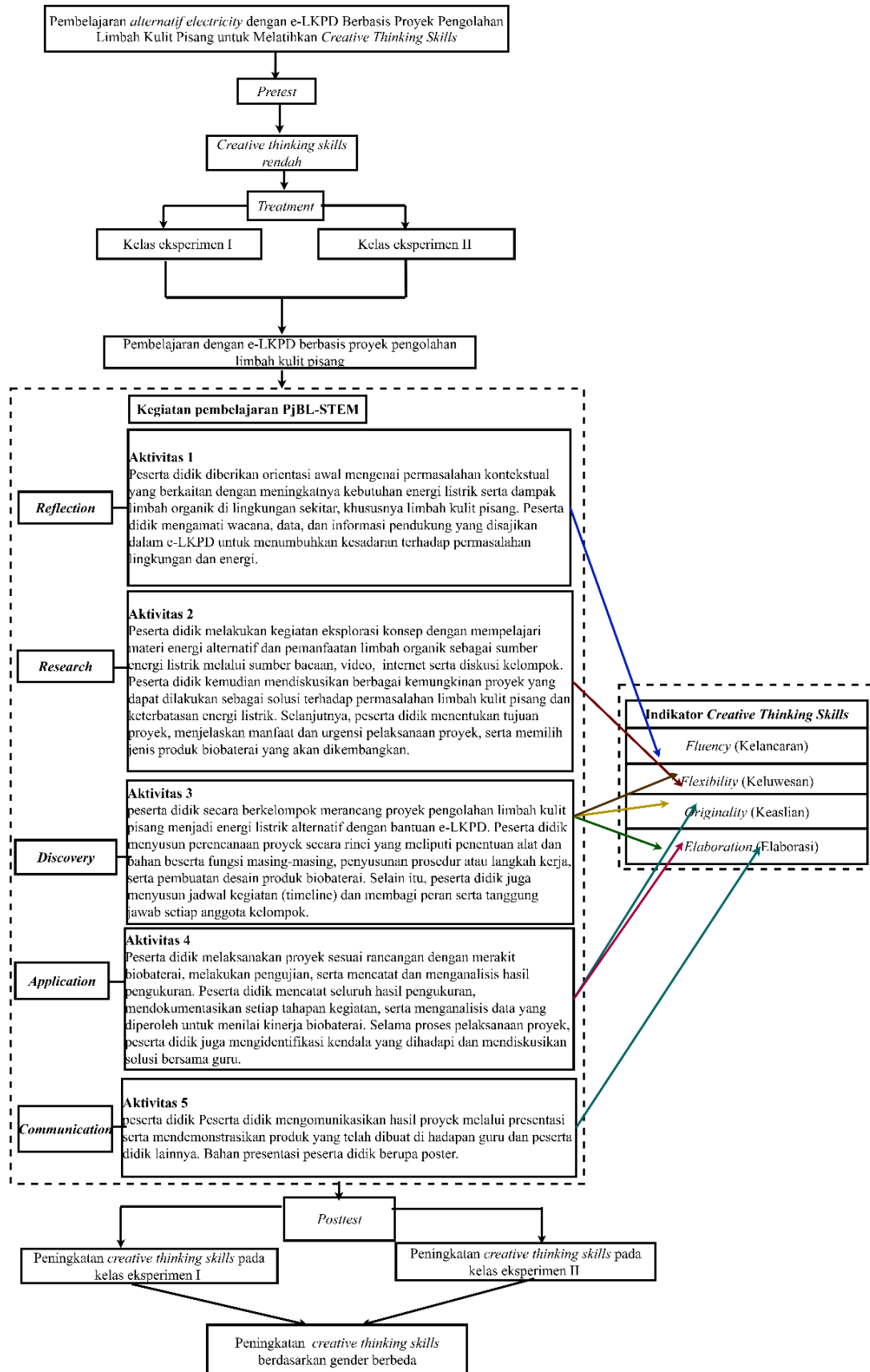
pembelajaran menggunakan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang. Pembelajaran dirancang secara sistematis agar setiap tahapan kegiatan mengakomodasi indikator *creative thinking skills* yang meliputi *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration*.

Pelaksanaan *treatment* dilakukan melalui kegiatan pembelajaran PjBL-STEM yang terdiri atas beberapa aktivitas. Pada aktivitas 1 (*reflection*), peserta didik diberikan orientasi awal mengenai permasalahan kontekstual yang berkaitan dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik serta dampak limbah organik di lingkungan sekitar, khususnya limbah kulit pisang. Peserta didik mengamati wacana, data, dan informasi pendukung yang disajikan dalam e-LKPD untuk menumbuhkan kesadaran terhadap permasalahan lingkungan dan energi. Pada aktivitas 2 (*research*), peserta didik melakukan eksplorasi konsep dengan mempelajari materi energi alternatif dan pemanfaatan limbah organik sebagai sumber energi listrik melalui sumber bacaan, video, dan diskusi kelompok. Peserta didik kemudian mendiskusikan berbagai kemungkinan proyek yang dapat dilakukan sebagai solusi terhadap permasalahan limbah kulit pisang dan keterbatasan energi listrik, menentukan tujuan proyek, serta memilih jenis produk biobaterai yang akan dikembangkan.

Selanjutnya, pada aktivitas 3 (*discovery*), peserta didik secara berkelompok merancang proyek pengolahan limbah kulit pisang menjadi energi listrik alternatif dengan bantuan e-LKPD. Kegiatan ini meliputi penyusunan perencanaan proyek secara rinci, yaitu penentuan alat dan bahan beserta fungsinya, penyusunan prosedur atau langkah kerja, pembuatan desain produk biobaterai, penyusunan jadwal kegiatan (*timeline*), serta pembagian peran dan tanggung jawab setiap anggota kelompok. Pada aktivitas 4 (*application*), peserta didik melaksanakan proyek sesuai dengan rancangan yang telah disusun. Peserta didik merakit biobaterai, melakukan pengujian, serta mencatat dan menganalisis hasil pengukuran untuk menilai kinerja produk. Seluruh fase kegiatan didokumentasikan, dan peserta didik mengidentifikasi kendala yang dihadapi serta mendiskusikan solusi bersama guru selama proses pelaksanaan proyek.

Pada aktivitas 5 (*communication*), peserta didik melakukan evaluasi terhadap proyek yang telah dilaksanakan dengan memperhatikan umpan balik dan saran dari guru maupun teman sebaya. Peserta didik mengidentifikasi kelebihan dan keterbatasan produk biobaterai yang dihasilkan, merumuskan kendala selama pengerjaan proyek, serta menentukan langkah perbaikan atau tindak lanjut yang dapat dilakukan untuk penyempurnaan produk di masa mendatang.

Setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai dilaksanakan, peserta didik diberikan *posttest* untuk mengetahui peningkatan *creative thinking skills*. Hasil *posttest* kemudian digunakan untuk menganalisis peningkatan *creative thinking skills* pada kelas eksperimen 1 dan kelas eksperimen 2. Selain menganalisis peningkatan *creative thinking skills* pada kelas eksperimen 1 dan kelas eksperimen 2, penelitian ini juga mempertimbangkan perbedaan peningkatan kemampuan tersebut berdasarkan gender peserta didik. Perbedaan gender diduga dapat memengaruhi cara peserta didik dalam berpikir, memecahkan masalah, serta mengembangkan ide kreatif selama proses pembelajaran berbasis proyek. Oleh karena itu, hasil *posttest* yang diperoleh peserta didik tidak hanya digunakan untuk melihat peningkatan *creative thinking skills* secara keseluruhan, tetapi juga dianalisis berdasarkan gender yang berbeda, yaitu peserta didik laki-laki dan perempuan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan peningkatan *creative thinking skills* antara peserta didik laki-laki dan perempuan setelah mengikuti pembelajaran PjBL-STEM menggunakan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang. Hubungan antarvariabel dalam penelitian ini disajikan secara ringkas melalui kerangka pemikiran pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

2.4 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

H₀: Tidak terdapat peningkatan signifikan *creative thinking skills* peserta didik setelah menerapkan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang.

H₁: Terdapat peningkatan signifikan *creative thinking skills* peserta didik setelah menerapkan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang.

H₀: Tidak terdapat perbedaan *N-Gain creative thinking skills* peserta didik berdasarkan gender setelah menerapkan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang.

H₁: Terdapat perbedaan *N-Gain creative thinking skills* peserta didik berdasarkan gender setelah menerapkan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 1 Tegineneng pada semester ganjil Tahun Ajaran 2025/2026 yakni tanggal 11 November sampai 10 Desember 2025.

3.2 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian ini mencakup seluruh peserta didik kelas X SMA Negeri 1 Tegineneng Tahun Ajaran 2025/2026 yang terdiri atas lima kelas. Teknik pengambilan sampel ditentukan dengan teknik *purposive sampling*. Menurut Fraenkel dan Wallen (2003), *purposive sampling* merupakan pemilihan subjek penelitian yang paling sesuai dengan tujuan penelitian. Pemilihan kelas dilakukan melalui koordinasi dan diskusi bersama guru mata pelajaran fisika untuk memperoleh gambaran mengenai karakteristik tiap kelas, seperti kemampuan akademik peserta didik, keaktifan dalam pembelajaran, serta kondisi kelas yang relatif setara. Berdasarkan hasil pertimbangan tersebut, kelas X.1 ditetapkan sebagai kelas eksperimen 1 dan kelas X.2 ditetapkan sebagai kelas eksperimen 2 yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian.

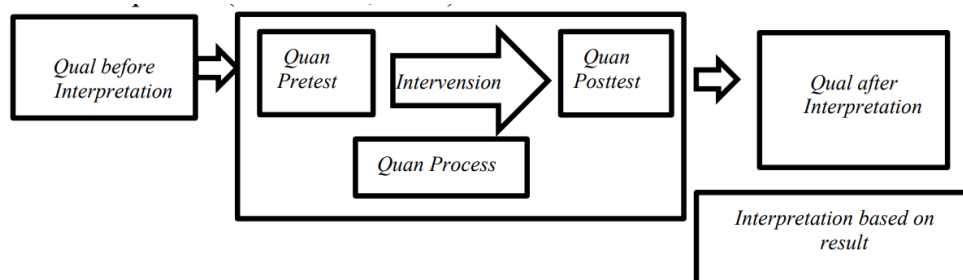
3.3 Variabel Penelitian

Penelitian ini melibatkan satu variabel bebas, satu variabel terikat, dan satu variabel kontrol. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang. Adapun variabel terikatnya meliputi keterampilan berpikir kreatif (*creative thinking skills*). Sedangkan variabel kontrol penelitian ini adalah materi *alternative electricity*.

3.4 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *mixed methods* dengan desain *embedded*, yaitu mengombinasikan data kuantitatif dan kualitatif dalam satu rangkaian penelitian, di mana data kuantitatif berperan sebagai data utama dan data kualitatif sebagai data pendukung. Metode penelitian yang digunakan adalah *mixed method* dengan desain *sequential embedded*, yaitu suatu pendekatan penelitian yang mengintegrasikan metode kuantitatif dan kualitatif dalam satu rangkaian penelitian. Kedua metode tersebut digunakan secara bersamaan atau berurutan, namun memiliki tingkat penekanan yang berbeda sesuai dengan tujuan penelitian (Cresswell, 2013).

Dalam desain ini terdapat metode primer dan metode sekunder. Metode primer berfungsi untuk mengumpulkan data utama penelitian, sedangkan metode sekunder digunakan sebagai pendukung untuk melengkapi dan memperkuat data yang diperoleh dari metode primer (Pane *et al.*, 2021).



Gambar 2. *Sequential Embedded Design*

Tabel 5. Desain Penelitian pada Kelas Eksperimen 1 dan 2

<i>O₁</i>	<i>X (Treatment)</i>	Aktivitas		Indikator <i>Creative Thinking Skill</i>	<i>O₂</i>
1	2	Model Pembelajaran PjBL-STEM		3	4
		Guru	Peserta Didik		
<i>Pretest Creative thinking skills rendah</i>	<i>Reflection</i>	<ol style="list-style-type: none"> Menyajikan data, teks, atau gambar tentang dampak krisis energi dan mengamati informasi mengenai buah-buahan yang dapat menghantarkan listrik melalui wacana. Membimbing peserta didik untuk merumuskan masalah berdasarkan hasil pengamatan dan informasi yang diperoleh dari wacana/video yang diberikan. Membimbing peserta didik untuk Menyusun gagasan proyek yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut. 	<ol style="list-style-type: none"> Mengamati permasalahan krisis energi dan mengamati informasi mengenai buah-buahan yang dapat menghantarkan listrik melalui wacana. Mengidentifikasi tiga pokok masalah yang berkaitan krisis energi dan mengamati informasi mengenai buah-buahan yang dapat menghantarkan listrik melalui wacana. Menyusun tiga rumusan masalah berdasarkan kondisi yang ditemukan. Menuliskan tiga gagasan proyek yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut. 	<i>Fluency (Kelancaran)</i> <ol style="list-style-type: none"> Mengidentifikasi tiga pokok masalah dari suatu wacana atau informasi Menyusun tiga rumusan masalah berdasarkan suatu kondisi Menuliskan tiga gagasan tentang proyek yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan suatu permasalahan 	<i>Posttest Terjadi peningkatan Creative thinking skills</i>
	<i>Research</i>	<ol style="list-style-type: none"> Membimbing pencarian informasi dari berbagai sumber (buku, jurnal, internet, video, dll) Memberikan arahan untuk mencatat 	<ol style="list-style-type: none"> Mencari informasi dari berbagai sumber mengenai pengolahan limbah kulit pisang 	<i>Flexibility (Keluwesan)</i> <ol style="list-style-type: none"> Menuliskan potensi limbah organik yang yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber listrik alternatif 	

O_1	X (Treatment)	Aktivitas Model Pembelajaran PjBL-STEM		Indikator <i>Creative Thinking Skill</i>	O_2
1	2	Guru	Peserta Didik	3	4
		informasi yang telah didapat. 3. Membimbing peserta didik untuk potensi limbah organik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber listrik alternatif. 4. Menuliskan syarat/kandungan yang terdapat dalam limbah organik sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber listrik alternatif	2. Mencatat informasi penting yang telah didapat 3. Menuliskan potensi limbah organik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber listrik alternatif 4. Menuliskan syarat/kandungan yang terdapat dalam limbah organik sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber listrik alternatif	2. Menuliskan syarat/kandungan yang terdapat dalam limbah organik sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber listrik alternatif	
	<i>Discovery</i>	1. Membimbing peserta didik menggagas rincian fungsi alat dan bahan yang diperlukan dalam suatu proyek pengolahan limbah kulit pisang 2. Membimbing peserta didik untuk menuliskan uraian prosedur pelaksanaan proyek secara rinci mengenai pengolahan limbah kulit pisang	1. Berdiskusi dalam kelompok kecil untuk merumuskan ide proyek yang dapat menjadi solusi dari permasalahan limbah organik yaitu dengan memanfaatkan limbah kulit pisang. 2. Menggunakan e-LKPD sebagai panduan dalam menyusun rancangan proyek secara terstruktur.	<i>Flexibility</i> (Keluwesan) a. Menyusun tiga gagasan tentang tujuan yang akan dicapai melalui proyek yang akan dibuat terkait pengolahan limbah kulit pisang. b. Menuliskan tiga gagasan mengenai pentingnya pelaksanaan proyek yang akan dibuat terkait pengolahan limbah kulit pisang. <i>Elaboration</i> (Elaborasi):	

O_1	X (Treatment)	Aktivitas Model Pembelajaran PjBL-STEM		Indikator <i>Creative Thinking Skill</i>	O_2
1	2	Guru	Peserta Didik	3	4
		3. Membimbing peserta didik menjelaskan fungsi dan kegunaan setiap komponen yang terdapat pada rancangan proyek mengenai pengolahan limbah kulit pisang	3. Menyusun rincian alat dan bahan yang berbeda dari kebiasaan umum dalam pelaksanaan suatu proyek pengolahan limbah kulit pisang	a. Menggagas rincian fungsi alat dan bahan yang diperlukan dalam suatu proyek	
		4. Membimbing peserta didik menyusun rincian alat dan bahan yang berbeda dari kebiasaan umum dalam pelaksanaan suatu proyek	4. Menuliskan gagasan tentang variasi komposisi atau kombinasi bahan yang berbeda dalam suatu proyek pengolahan limbah kulit pisang	b. Menuliskan uraian prosedur pelaksanaan proyek secara rinci	
		5. Membimbing menuliskan gagasan tentang variasi komposisi atau kombinasi bahan yang berbeda dalam suatu proyek	5. Menggambarkan desain proyek dengan menggunakan alat atau cara yang belum umum digunakan mengenai pengolahan limbah kulit pisang	c. Menjelaskan fungsi dan kegunaan setiap komponen yang terdapat pada rancangan proyek	
		6. Membimbing peserta didik menggambarkan desain proyek dengan menggunakan alat atau cara yang belum umum digunakan untuk proyek pengolahan limbah kulit pisang	6. Menyusun uraian prosedur yang berbeda dari proyek pada umumnya	<i>Originality</i> (Keaslian)	
		7. Membimbing peserta didik menyusun uraian prosedur yang berbeda	7. Menuliskan gagasan tentang pembagian tugas dalam kelompok proyek disertai deskripsi peran setiap anggota	a. Menyusun rincian alat dan bahan yang berbeda dari kebiasaan umum dalam pelaksanaan suatu proyek pengolahan limbah kulit pisang	
				b. Menuliskan gagasan tentang variasi komposisi atau kombinasi bahan yang berbeda dalam suatu proyek pengolahan limbah kulit pisang	
				c. Menggambarkan desain proyek dengan menggunakan alat atau cara yang belum umum digunakan mengenai pengolahan limbah kulit pisang	
				d. Menyusun uraian prosedur yang berbeda dari proyek pada umumnya	

<i>O₁</i>	<i>X (Treatment)</i>	Aktivitas Model Pembelajaran PjBL-STEM		Indikator <i>Creative Thinking Skill</i>	<i>O₂</i>
1	2	Guru	Peserta Didik	3	4
		dari proyek pada umumnya pengolahan limbah kulit pisang.		e. Menuliskan gagasan tentang pembagian tugas dalam kelompok proyek disertai deskripsi peran setiap anggota	
		8. Membimbing peserta didik menuliskan gagasan tentang pembagian tugas dalam kelompok proyek disertai deskripsi peran setiap anggota.			
	<i>Application</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menugaskan peserta didik mengerjakan proyek secara berkelompok sesuai rancangan yang telah disusun. 2. Membimbing Peserta didik merakit alat, bahan, atau komponen yang diperlukan dalam proyek pengolahan limbah kulit pisang. 3. Membimbing peserta didik mengumpulkan informasi mengenai metode atau cara untuk menguji kualitas produk atau proyek pengolahan limbah kulit pisang 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengerjakan proyek secara berkelompok 2. Merakit alat, bahan, atau komponen yang diperlukan dalam proyek pengolahan limbah kulit pisang. 3. Mengumpulkan informasi mengenai metode atau cara untuk menguji kualitas produk atau proyek pengolahan limbah kulit pisang 4. Melaksanakan praktik proyek untuk membuktikan keberhasilan produk atau 5. Mendokumentasikan setiap tahapan pelaksanaan proyek pengolahan limbah kulit pisang 	<i>Originality (Keaslian):</i> <ol style="list-style-type: none"> a. Merakit alat, bahan, atau komponen yang diperlukan dalam proyek b. Mengumpulkan informasi mengenai metode atau cara untuk menguji kualitas produk atau proyek c. Melaksanakan praktik proyek untuk membuktikan keberhasilan produk atau hasil kerja d. Mendokumentasikan setiap tahapan pelaksanaan proyek umumnya <i>Elaboration (Elaborasi):</i>	

<i>O₁</i>	<i>X (Treatment)</i>	<i>Aktivitas</i>		<i>Indikator Creative Thinking Skill</i>	<i>O₂</i>
1	2	Model Pembelajaran PjBL-STEM		3	4
		Guru	Peserta Didik		
		4. Membimbing peserta didik melaksanakan praktik proyek untuk membuktikan keberhasilan produk atau hasil kerja 5. Membimbing peserta didik mendokumentasikan setiap tahapan pelaksanaan proyek pengolahan limbah kulit pisang 6. Membimbing peserta didik menyusun laporan secara sistematis berdasarkan hasil dari pelaksanaan proyek pengolahan limbah kulit pisang 7. Membimbing peserta didik merumuskan kendala-kendala yang dihadapi selama proses pelaksanaan proyek pengolahan limbah kulit pisang	6. Menyusun laporan secara sistematis berdasarkan hasil dari pelaksanaan proyek pengolahan limbah kulit pisang 7. Merumuskan kendala-kendala yang dihadapi selama proses pelaksanaan proyek pengolahan limbah kulit pisang	a. Menyusun laporan secara sistematis berdasarkan hasil dari pelaksanaan proyek b. Merumuskan kendala-kendala yang dihadapi selama proses pelaksanaan proyek imbah kulit pisang c. Menyusun laporan secara sistematis berdasarkan hasil dari pelaksanaan proyek pengolahan limbah kulit pisang d. Merumuskan kendala-kendala yang dihadapi selama proses pelaksanaan proyek pengolahan limbah kulit pisang	

O_1	X (Treatment)	Aktivitas Model Pembelajaran PjBL-STEM		Indikator <i>Creative Thinking Skill</i>	O_2
1	2	Guru	Peserta Didik	3	4
	<i>Communication</i>	1. Menyampaikan ketentuan pelaksanaan presentasi 2. Memantau jalannya presentasi setiap kelompok 3. Menugaskan kelompok memaparkan hasil proyek yang telah diuji coba. 4. Memberi kesempatan kelompok lain untuk mengajukan pertanyaan	1. Menyajikan hasil proyek dalam presentasi 2. Memaparkan hasil proyek yang telah diuji melalui presentasi 3. Menyampaikan pertanyaan atau argument kepada kelompok yang presentasi	<i>Elaboration</i> (Elaborasi): 1. Menyajikan hasil proyek dalam presentasi 2. Memaparkan hasil proyek yang telah diuji melalui presentasi 3. Menyampaikan pertanyaan atau argument kepada kelompok yang presentasi	

Keterangan:

1. O_1 = Tes awal (*pretest*) yang diberikan kepada eksperimen 1 untuk mengetahui kemampuan *creative thinking skills* sebelum diberi perlakuan.
2. O_3 = Tes awal (*pretest*) yang diberikan kepada eksperimen 2 untuk mengetahui kemampuan *creative thinking skills* sebelum diberi perlakuan.
3. X = Perlakuan berupa pembelajaran menggunakan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang dengan model *Project Based Learning-STEM* (PjBL-STEM).
4. O_2 = Tes akhir (*posttest*) yang diberikan kepada eksperimen I setelah perlakuan untuk mengetahui peningkatan *creative thinking skills* peserta didik.

5. O_4 = Tes akhir (*posttest*) yang diberikan kepada eksperimen I setelah perlakuan untuk mengetahui *peningkatan creative thinking skills* peserta didik.
6. Kelas Eksperimen 1= Kelas X.1
7. Kelas Eksperimen 2= Kelas X.2

3.5 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap utama, yaitu tahap persiapan, pelaksanaan, dan akhir. Adapun uraian setiap tahap sebagai berikut:

1) Tahap persiapan

Pada tahap awal, peneliti melakukan berbagai kegiatan untuk mempersiapkan pelaksanaan penelitian, antara lain:

- a. Mengurus surat izin pelaksanaan penelitian di SMA Negeri 1 Tegineneng sebagai lokasi penelitian.
- b. Melaksanakan wawancara dengan guru mata pelajaran fisika di SMA Negeri 1 Tegineneng untuk memperoleh informasi awal terkait kondisi kelas dan proses pembelajaran yang berlangsung.
- c. Menentukan sampel penelitian, yaitu dua kelas yang akan berperan sebagai kelas eksperimen satu dan kelas eksperimen dua.
- d. Menyusun dan mempersiapkan instrumen penelitian yang akan digunakan dalam penelitian.

2) Tahap Pelaksanaan

Pada tahap pelaksanaan, peneliti melakukan serangkaian kegiatan untuk memberikan perlakuan (*treatment*) pada dua kelas eksperimen. Kegiatan pembelajaran di kelas X.1 dan X.2 dengan model pembelajaran *Project Based Learning-STEM* (PjBL-STEM) menggunakan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang. Kedua kelas eksperimen memperoleh perlakuan yang sama, baik dari segi tahapan pembelajaran, materi, maupun aktivitas yang dilakukan. Pembelajaran disesuaikan dengan modul ajar dan perangkat e-LKPD yang telah dirancang, dengan peneliti berperan sebagai fasilitator sekaligus pengamat selama proses berlangsung. Kegiatan pembelajaran dilaksanakan selama beberapa kali pertemuan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Seluruh aktivitas difokuskan untuk melatih keterampilan berpikir kreatif (*creative thinking skills*) peserta didik melalui kegiatan proyek pengolahan limbah kulit pisang.

Rangkaian aktivitas yang dilakukan selama tahap pelaksanaan dapat dilihat secara rinci pada Tabel 6.

Tabel 6. Tahap Pelaksanaan pada Kedua Kelas Eksperimen

Kegiatan	Kelas Eksperimen 1	Kelas Eksperimen 2
<i>Pretest</i>	Peserta didik diberikan soal <i>pretest</i> untuk mengukur kemampuan awal <i>creative thinking skills</i> sebelum pelaksanaan pembelajaran.	Peserta didik diberikan soal <i>pretest</i> untuk mengetahui kemampuan awal <i>creative thinking skills</i> sebelum pelaksanaan pembelajaran.
Kegiatan Pembelajaran	Pembelajaran dilaksanakan dengan menggunakan model PjBL-STEM melalui penerapan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang, kegiatan dilaksanakan secara berkelompok, berorientasi pada peningkatan <i>creative thinking skills</i> .	Pembelajaran dilaksanakan dengan menggunakan model PjBL-STEM melalui penerapan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang, kegiatan dilaksanakan secara berkelompok, berorientasi pada peningkatan <i>creative thinking skills</i> .
<i>Posttest</i>	Setelah pembelajaran selesai, peserta didik mengerjakan <i>posttest</i> untuk mengukur peningkatan <i>creative thinking skills</i> .	Setelah pembelajaran selesai, peserta didik mengerjakan <i>posttest</i> untuk mengukur peningkatan <i>creative thinking skills</i> .

3) Tahap Akhir

Adapun tahap akhir dari penelitian ini mencakup beberapa langkah penting sebagai berikut:

1. Mengolah data hasil penelitian

Data yang dikumpulkan dari hasil *pretest* dan *posttest* peserta didik, termasuk instrumen penunjang lainnya, diolah secara sistematis untuk memperoleh hasil penelitian.

2. Menganalisis dan membandingkan hasil

Peneliti melakukan analisis data secara kuantitatif guna membandingkan hasil tes awal dan tes akhir antara kelas eksperimen 1 dan kelas eksperimen

2. Tujuannya adalah untuk mengetahui perbedaan tingkat peningkatan *creative thinking skills* setelah perlakuan diberikan.

3. Menarik kesimpulan dan menyusun laporan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, peneliti menarik kesimpulan mengenai efektivitas penggunaan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang. Hasil penelitian kemudian disusun ke dalam bentuk laporan berupa poster sebagai bagian dari penyelesaian penelitian ini.

3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat yang digunakan untuk mengumpulkan data yang diperlukan dalam penelitian. Dalam penelitian ini, instrumen yang akan digunakan dalam penelitian ini tes *creative thinking skills*. Bentuk Instrumen yang digunakan yaitu lembar tes yang dirancang untuk memancing munculnya indikator *creative thinking skills*. Tujuannya untuk mengukur tingkat *creative thinking skills* peserta didik pada materi energi alternatif. Lembar tes ini digunakan pada tahap *pretest* dan *posttest* dengan format soal esai yang disusun berdasarkan indikator *creative thinking skills* peserta didik. Tujuan dari tes ini adalah untuk mengukur pencapaian hasil belajar sebelum dan sesudah penerapan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang dalam pembelajaran fisika. Soal-soal esai dikembangkan untuk mencakup indikator *creative thinking skills*, yaitu *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration*.

3.7 Analisis Instrumen Penelitian

Instrumen dalam penelitian ini akan diuji terlebih dahulu sebelum digunakan dalam analisis data. Proses pengujian mencakup uji validitas dan reliabilitas, yang akan dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak IBM SPSS Statistics versi 27.0.

3.7.1 Uji Validitas

Suatu instrumen dinyatakan valid apabila mampu mengukur secara tepat sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Uji validitas pada instrumen *pretest* dan *posttest*

dilakukan untuk mengetahui sejauh mana instrumen tes yang digunakan benar-benar dapat mengukur *creative thinking skills* (keterampilan berpikir kreatif) peserta didik yang dikembangkan melalui penerapan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang pada materi energi alternatif. Adapun validitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah validitas empiris dengan teknik korelasi *product moment pearson* adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

N : Jumlah peserta didik yang mengikuti tes

$\sum X$: Jumlah skor item nomor

$\sum Y$: Jumlah skor total

$\sum XY$: Jumlah (skor item x skor total)

$\sum X^2$: Jumlah kuadrat skor item

$\sum Y^2$: Jumlah kuadrat skor total

Adapun kriteria pengujian instrumen adalah jika nilai r_{hitung} lebih besar atau sama dengan r_{tabel} pada taraf signifikan ($\alpha = 0.05$), maka instrumen tersebut dianggap valid. Sedangkan jika nilai r_{hitung} kurang dari r_{tabel} pada taraf signifikan ($\alpha = 0.05$), maka instrumen tersebut dianggap tidak valid.

Tabel 7. Kriteria Uji Validitas Instrumen

Nilai r_{xy}	Interpretasi Validitas
0.80 – 1.00	Sangat valid
0.60 – 0.80	valid
0.40 – 0.60	Cukup valid
0.20 – 0.40	Kurang valid
0.00 – 0.20	Tidak Valid

(Arikunto, 2011)

Adapun hasil uji validitas instrumen *creative thinking skills* pada materi *alternatif ectricity* yang telah diujikan pada 32 responden dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji Validitas Instrumen *Creative Thinking Skills*

Nomor Soal	Pearson Correlation	Interpretasi
1	0.92	Sangat valid
2	0.70	valid
3	0.82	Sangat valid
4	0.90	Sangat valid
5	0.45	Cukup valid

Berdasarkan pengujian validitas instrumen *creative thinking skills* dilakukan dengan membandingkan nilai *pearson correlation* dengan nilai r_{tabel} sebesar 0.3494. Berdasarkan hasil uji validitas menunjukkan bahwa seluruh butir soal dinyatakan valid.

3.7.2 Uji Reliabilitas

Adapun kriteria pengujian instrumen adalah jika nilai r_{hitung} lebih besar atau sama dengan r_{tabel} pada taraf signifikan ($\alpha = 0.05$), maka instrumen tersebut dianggap valid. Sedangkan jika nilai r_{hitung} kurang dari r_{tabel} pada taraf signifikan ($\alpha = 0.05$), maka instrumen tersebut dianggap tidak valid. Adapaun interpretasi reliabilitas instrument dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Kriteria Reliabilitas Instrumen

Nilai Alpha Cronbach's	Interpretasi Reliabilitas
0.81 – 1.00	Sangat reliabel
0.61 – 0.80	Reliabel
0.41 – 0.60	Cukup Reliabel
0.21 – 0.40	Sedikit Reliabel
0.00 – 0.20	Kurang Reliabel

(Arikunto, 2011)

Adapun hasil uji reliabilitas soal *creative thinking skills* yang diujikan pada 32 responden dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Uji Validitas Instrumen *Creative Thinking skills*

Cronbachs Alpha	Jumlah Item
0.80	5

Uji reliabilitas dilakukan terhadap instrumen *creative thinking skills* yang terdiri atas 5 soal essay dengan melibatkan 32 responden. Analisis reliabilitas dalam penelitian ini menggunakan metode *Cronbach alpha*. Berdasarkan hasil statistik, diperoleh nilai *Cronbach alpha* sebesar 0.80 yang menunjukkan bahwa soal *creative thinking skills* pada materi *alternative electricity* dianggap reliabel.

3.8 Teknik Pengumpulan Data

3.8.1 Teknik Pengumpulan Data Hasil Belajar

Teknik pengumpulan data hasil belajar peserta didik dilakukan melalui tes tertulis berbentuk uraian yang dirancang untuk mengukur *creative thinking skills*. Tes diberikan dalam bentuk *pretest* dan *posttest* dengan soal yang serupa, bertujuan untuk melihat sejauh mana peningkatan *creative thinking skills* peserta didik sebelum dan sesudah mengikuti pembelajaran. Kelas eksperimen satu dan kelas eksperimen memperoleh perlakuan yang sama, yaitu pembelajaran dengan PjBL-STEM menggunakan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang. Pembelajaran tersebut dirancang untuk melatih *creative thinking skills* peserta didik melalui kegiatan proyek yang kontekstual. Hasil dari *pretest* dan *posttest* kemudian dianalisis menggunakan rata-rata nilai *N-Gain* untuk mengetahui tingkat efektivitas pembelajaran dalam meningkatkan *creative thinking skills* peserta didik. Adapun rumus dalam penilaian ini adalah sebagai berikut:

$$\text{nilai hasil belajar} = \frac{\text{skor yang diperoleh}}{\text{skor maksimum}} \times 100$$

(Arikunto, 2011)

3.8.2 Analisis Keterlaksanaan e-LKPD

Keterlaksanaan e-LKPD dianalisis berdasarkan rata-rata penilaian peserta didik terhadap e-LKPD yang telah mereka kerjakan, kemudian diolah menggunakan analisis persentase sesuai ketentuan yang berlaku menurut Sudjana (2005:69).

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

Persentase hasil penilaian yang diperoleh kemudian dikonversikan ke dalam kategori penilaian dengan mengacu pada kriteria yang diadaptasi dari Arikunto (2011). Adapun kriteria keterlaksanaan e-LKPD dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Kriteria Keterlaksanaan e-LKPD

Presentase	Kategori
0% – 20%	Tidak baik
20.1% – 40%	Kurang baik
40.1% – 60%	Cukup baik
60.1% – 80%	Baik
80.1% – 100%	Sangat baik

(Arikunto, 2011)

Sebelum implementasi e-LKPD pada kelas eksperimen, dilakukan uji coba kelompok kecil untuk mengetahui efektivitas e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang serta respons awal peserta didik. Uji coba ini melibatkan peserta didik yang telah mempelajari materi sebelumnya.

Tabel 12. Hasil Keterlaksanaan e-LKPD Berbasis Proyek Pengolahan Limbah Kulit Pisang pada Uji Kelompok Kecil

Fase PjBL-STEM	Total Skor	Skor Maksimal	Persentase	Keterangan
<i>Reflection</i>	328	384	85.42%	Sangat Baik
<i>Research</i>	222	256	86.72%	Sangat Baik
<i>Dioscovery</i>	817	1024	79.79%	Baik
<i>Application</i>	309	384	80.47%	Baik
<i>Communication</i>	205	256	80.08%	Baik
Rata-rata			82.49%	Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 12, keterlaksanaan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang pada uji kelompok kecil menunjukkan hasil sangat baik dengan rata-rata sebesar 82.49%. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh tahapan PjBL-STEM dapat dilaksanakan secara optimal sesuai perencanaan.

Pada setiap fase, fase *reflection* (85.42%) dengan kategori sangat baik diikuti fase *research* memperoleh persentase tertinggi (86.72%), yang menunjukkan bahwa peserta didik mampu menggali informasi serta mengaitkan pengetahuan awal dengan baik. Sementara itu, fase *discovery* (79.79%), *application* (80.47%), dan *communication* (80.08%) berada pada kategori baik, yang menunjukkan bahwa peserta didik sudah mampu mengembangkan ide, menerapkan solusi, dan mengomunikasikan hasil, meskipun belum sepenuhnya optimal.

3.8 Teknik Analisis Data dan Pengujian Hipotesis

Data yang diperoleh dalam penelitian ini berupa hasil *pretest* dan *posttest* yang digunakan untuk mengukur peningkatan *creative thinking skills* peserta didik. Analisis data dilakukan melalui beberapa tahap. Pertama, menghitung nilai *N-Gain* untuk mengetahui peningkatan *creative thinking skills* peserta didik setelah diberikan perlakuan. Sebelum pengujian hipotesis data dianalisis melalui uji normalitas dan uji homogenitas sebagai syarat penggunaan uji statistik parametrik. Setelah memenuhi syarat, dilakukan uji *Paired Sample T-Test* untuk mengetahui apakah terdapat peningkatan yang signifikan antara hasil *pretest* dan *posttest* pada masing-masing kelas eksperimen. Selain itu, dilakukan analisis untuk mengetahui perbedaan peningkatan *creative thinking skills* peserta didik berdasarkan gender menggunakan uji *independent sample T-test*.

3.9.1 Perhitungan *N-Gain*

Perhitungan *N-Gain* digunakan untuk mengetahui peningkatan *creative thinking skills* peserta didik setelah diberikan perlakuan berupa pembelajaran menggunakan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang dengan

model PjBL-STEM. Perhitungan ini didapatkan dari hasil pengurangan skor *posttest* dengan *pretest* dibagi dengan pengurangan skor maksimum dengan *pretest*. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung *N-Gain* adalah sebagai berikut:

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

Hasil perhitungan *N-Gain* kemudian dikategorikan melalui Tabel 13.

Tabel 13. Klasifikasi *N-Gain*

Rata-rata <i>N-Gain</i>	Klasifikasi
$(g) \geq 0.7$	Tinggi
$0.30 > (g) > 0.7$	Sedang
$(g) < 0.30$	Rendah

(Meltzer, 2002)

3.9.2 Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk menentukan apakah data hasil *pretest* dan *posttest creative thinking skills* pada masing-masing kelas berdistribusi normal. Dalam penelitian ini, analisis pengujian normalitas data dilakukan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* melalui perangkat lunak SPSS 27. Adapun kriteria pengambilan keputusan pada uji normalitas adalah sebagai berikut:

- Jika nilai signifikansi > 0.05 , maka H_0 diterima; yang berarti data berdistribusi normal.
- Jika nilai signifikansi < 0.05 , maka H_0 ditolak; yang berarti data tidak berdistribusi normal.

3.9.3 Uji Homogenitas

Uji homogenitas digunakan untuk mengetahui apakah varians antara dua kelompok data hasil *pretest* dan *posttest creative thinking skills* pada masing-

masing kelas bersifat homogen atau tidak. Pengujian ini dilakukan menggunakan *Levene's Test* pada program SPSS. Adapun kriteria pengambilan keputusan adalah sebagai berikut:

1. Jika nilai signifikansi > 0.05 maka H_0 diterima, artinya data homogen (memiliki varians yang sama).
2. Jika nilai signifikansi < 0.05 maka H_0 ditolak, artinya data tidak homogen (memiliki varians yang berbeda).

3.9.4 Uji Hipotesis

1. Uji *Paired Sample T-test*

Uji Paired Sample T-Test merupakan uji statistik parametrik yang digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan rata-rata pada dua data yang berpasangan, yaitu sebelum dan sesudah perlakuan diberikan. Dalam penelitian ini, uji ini digunakan untuk menganalisis peningkatan *creative thinking skills* peserta didik sebelum (*pretest*) dan sesudah (*posttest*) pembelajaran menggunakan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang.

Adapun hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

H_0 : Tidak terdapat peningkatan signifikan *creative thinking skills* peserta didik setelah menerapkan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang.

H_1 : Terdapat peningkatan signifikan *creative thinking skills* peserta didik setelah menerapkan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang.

Adapun kriteria pengambilan keputusan adalah sebagai berikut:

1. Jika nilai $sig. \leq 0.05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya terdapat perbedaan/peningkatan yang signifikan.
2. Jika nilai $sig. > 0.05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, artinya tidak terdapat perbedaan/peningkatan yang signifikan.

2. Uji *Independent Sample T-Test*

Uji *Independent Sample T-Test* merupakan uji statistik parametrik yang digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan rata-rata antara dua kelompok yang bersifat independen. Dalam penelitian ini, uji ini digunakan untuk menganalisis ada atau tidaknya perbedaan peningkatan *creative thinking skills* peserta didik berdasarkan gender setelah pembelajaran menggunakan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang. Data yang dibandingkan adalah nilai *N-Gain* dari masing-masing kelompok. Adapun hipotesis yang akan dilakukan pengujian adalah sebagai berikut.

H_0 : Tidak terdapat perbedaan *N-Gain creative thinking skills* peserta didik berdasarkan gender setelah menerapkan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang.

H_1 : Terdapat perbedaan *N-Gain creative thinking skills* peserta didik berdasarkan gender setelah menerapkan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang

Adapun Kriteria Pengambilan Keputusan:

- a. Jika nilai signifikansi (*Sig. 2 – tailed*) ≥ 0.05 , maka H_0 diterima, artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan berdasarkan gender.
- b. Jika nilai signifikansi < 0.05 , maka H_0 ditolak, artinya terdapat perbedaan yang signifikan berdasarkan gender.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembelajaran menggunakan e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang terbukti efektif dalam melatih *creative thinking skills* peserta didik. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan signifikan skor *pretest* ke *posttest* pada kedua kelas eksperimen, dengan nilai rata-rata *N-Gain* pada kategori tinggi (0.72 dan 0.75), serta hasil uji *paired sample t-test* yang menunjukkan perbedaan signifikan (Sig. < 0.05). Peningkatan terjadi pada seluruh indikator *creative thinking skills*, yaitu *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration*. Selain itu, pembelajaran ini juga mampu meningkatkan motivasi belajar peserta didik yang terlihat dari keterlibatan aktif dan respon positif selama pembelajaran, serta didukung oleh keterlaksanaan e-LKPD yang berada pada kategori sangat baik.
2. e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang efektif digunakan pada peserta didik dengan gender yang berbeda. Hal ini ditunjukkan oleh hasil uji *Independent Sample T-test* dengan nilai Sig. (2-tailed) sebesar 0.35 dan 0.36 (Sig. > 0.05), sehingga tidak terdapat perbedaan signifikan antara peningkatan *creative thinking skills* peserta didik laki-laki dan perempuan. Meskipun demikian, secara deskriptif peserta didik perempuan menunjukkan kecenderungan peningkatan lebih tinggi pada indikator *originality* dan *elaboration*, yang menunjukkan kemampuan lebih dalam menghasilkan ide orisinal dan mengembangkan gagasan secara rinci.

5.2 Saran

Penelitian yang telah dilaksanakan memberikan gambaran mengenai efektivitas e-LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit pisang dalam melatih *creative thinking skills* peserta didik pada materi listrik alternatif di SMA Negeri 1 Tegineneng. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan dalam penelitian selanjutnya. Oleh karena itu, peneliti mengajukan beberapa saran diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi penelitian selanjutnya.

1. Penelitian ini dilaksanakan dalam waktu yang relatif terbatas, sehingga proses pembelajaran berbasis proyek belum dapat mengoptimalkan seluruh tahapan secara mendalam. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk dilakukan dalam waktu yang lebih panjang agar hasil yang diperoleh dapat lebih maksimal.
2. Penelitian ini hanya diterapkan pada materi energi listrik alternatif, sehingga cakupan penerapan e-LKPD masih terbatas. Oleh karena itu, disarankan bagi peneliti selanjutnya untuk menguji penerapan e-LKPD berbasis proyek pada materi fisika lainnya agar dapat memperluas generalisasi hasil penelitian.
3. Pengukuran *creative thinking skills* dalam penelitian ini masih terbatas pada instrumen tes, sehingga belum sepenuhnya menggambarkan kemampuan peserta didik secara komprehensif. Oleh karena itu, disarankan bagi peneliti selanjutnya untuk menggunakan metode pengumpulan data yang lebih beragam, seperti wawancara, observasi, atau analisis portofolio proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, A., & Abraham, A. (2016). Gender and creativity : an overview of psychological and neuroscientific literature. *Brain Imaging and Behavior*, 609–618.
- Abraham, A., Thybusch, K., & Pieritz, K. (2013). Gender differences in creative thinking: behavioral and fMRI findings. *Brain Imaging and Behavior*, 8, 39–51.
- Adanan, H., Adanan, M., Riau, U., & Herawan, T. (2020). M-WebQuest Development : Reading Comprehension of Senior High School Students in Indonesia. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 74–92.
- Al Hakim, R. R. (2020). Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energi Terbarukan untuk Ketahanan Energi di Indonesia: Sebuah Ulasan. *ANDASIH Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 1-11.
- Alfiana, U., Gunawan, G., & Wahyudi, W. (2026). The Influence of Project-Based Learning with a STEM Approach on Students' Physics Creative Thinking Skills. *Indonesian Journal of STEM Education*, 8(1), 14-23.
- Alifah, A. P., Auliya, T. D., Abimanyu, E., Fenaldo, R., & Maulana. (2022). Alternative Energi Listrik dari Kulit Pisang. *Kumpulan Karya Tulis Ilmiah Tingkat Nasional*, 1(1), 221–230.
- Almeida, L. S., Prieto, L. P., Ferrando, M., Oliveira, E., & Ferrándiz, C. (2008). Torrance Test of Creative Thinking: The question of its construct validity. *Thinking Skills and Creativity*, 3(1), 53–58.
- Anjiana, R., Surahman, E., & Rizal, R. (2025). Urgensi Scientific Reasoning Skills dan Creative Thinking Skills dalam Pendidikan *Analisis Awal Hasil Peserta Didik di Sekolah*. 7(2), 83–93.
- Arifia, A. F., Herlina, K., & Viyanti, V. (2025). Development Of Project-Based Learner Worksheet For Pineapple Peel Waste Processing to Train Creative Thinking Skills And Self-Regulated Learning. *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(1), 169-180.

- Arifuddin, A., Sutrio, S., & Taufik, M. (2022). Pengembangan Bahan Ajar Kontekstual Berbasis Hands On Activity dalam Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(2c), 894–900.
- Arikunto, S. (2011). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan*. Jakarta: Bumi Aksara. 334 hlm.
- Arizona, R., Kurniadi, S., & Fernando, Y. (2021). Direction Flow (Dc) Electric Energy Production Through Utilization of Banana Leather and Papaya Leather Waste To Be an Environmentally Friendly Biobattery (Produksi Energi Listrik Arus Searah (Dc) Melalui Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Dan Kulit Pepaya M. *Journal Renewable Energy & Mechanics (REM)*, 04(01), 2714–621.
- Audia, R. D., Asyhar, R., & Miharti, I. (2025). Penggunaan e-LKPD Berbasis PjBL untuk Meningkatkan Kreativitas Siswa SMAN 3 Kota Jambi Melalui Pemanfaatan Limbah Organik Kulit Pisang dalam Materi Green Chemistry. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 03(04), 1825–1829.
- Auni, A., & Kohar, A. W. (2023). Comparing Students' Problem-Solving Processes on Probability Tasks: Well-Structured and Ill-Structured Tasks. *Journal of Mathematical Pedagogy (JoMP)*, 4(2), 57-73.
- Avdiji, H., Elikan, D., & Pigneur, Y. (2018). Designing Tools for Collectively Solving Ill-Structured Problems. *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Science*. 9, 400–409.
- Bulkis, I., Tahir, M., & Sakkir, G. (2025). The EFL Teachers' Implementation of 6C Skills (Critical Thinking, Creativity, Collaboration, Communication, Citizenship, and Character) of 21st Century Skills. *EduLine: Journal of Education and Learning Innovation*, 5(2), 262-273.
- Brophy, J. (2010). *Motivating students to learn* (3rd ed.). Abingdon, UK: Routledge.
- Cheng, R. W., Lam, S., & Chan, C. (2008). When high achievers and low achievers work in the same group: The roles of group heterogeneity and processes in project-based learning. *British Journal of Educational Psychology*, 78(2), 205-221.
- Chi, M. T. H. ., & Glaser, R. (1985). *Problem-Solving Ability*. Washington DC: Institute of Education Science.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2013). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.

- Erlinawati, C. E., Bektiarso, S. ., & Maryani, M. (2019). Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis STEM Pada Pembelajaran Fisika. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika*, 4(1), 2527–5917.
- Ernawati, M. D. W., Sudarmin, S., Asrial, A., Haryanto, H., Sanova, A., Kurniawan, D. A., & Azzahra, M. Z. (2022). The influence of student interest on student learning outcomes in science subjects. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia (Indonesian Journal of Science Education)*, 10(4), 849-861.
- Fadhila, J. N., Wawan Budiyanto, C., & Yuana, R. A. (2021). Analysis The Effect of Minds-On Activity on The Computational Thinking Ability of Early Childhood Student. *Journal of Informatics and Vocational Education (JOIVE)*, 4(3), 118–124.
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (2009). *How to design and evaluate research in education* (7th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Fikri, K., Wiyanto, & Susilo. (2012). Penerapan Pembelajaran Fisika dengan Analogi untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SMA. *UPEJ (Unnes Physics Education Journal)*, 1(2).
- Gonzalez, Salamanca, Agudelo, ., & Salinas. (2020). Key Competences , Education for Sustainable Development and Strategies for the Development of 21st Century Skills . A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 12(24).10366.
- Hamdi, Muchsin, & Saputri, N. (2023). Education Enthusiast : Analisis Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa dalam Education Enthusiast. *Education Enthusiast: Jurnal Pendidikan Dan Keguruan*, 3(4), 52–65.
- Hartono, R., Winarno, N., & Hernani, H. (2024). Enhancing Students' Critical Thinking Skills and Motivation Using STEM Project-Based Learning (PjBL-STEM) Through a Simple Hydraulic Jack Project. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 25(4), 1976-1999.
- Harmita, P. L., Dewi, W. S., Akmam, A., & Hidayati, H. (2023). Liveworksheet-based student worksheet for senior high school in physics learning. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 6(2), 253-267.
- Hidayat, J. P., Mahera, A. K., Amelia, R. M., & Salsabila, S. (2024). Identification of Radioactivity in Ambon Banana (*Musa Paradisiaca*) and Kepok Banana Peel (*Musa Acuminata Balbisiana*) for Nuclear Battery Applications. *SPECTA Journal of Technology*, 8(2), 91-98.
- Hirça, N. (2013). The Influence of Hands on Physics Experiments on Scientific Process Skills According to Prospective Teachers' Experiences. *European Journal of Physics Education*, 4(1), 1-9.

- Istiyono, E., & Hamdi, S. (2020). Measuring creative thinking skills of senior high school male and female students in physics (CTSP) using the IRT-based PhysTCreTS. *Journal of Turkish Science Education*, 17(4), 578-590.
- Izzah, M. P., Hani Atus Sholikhah, M. P., & Drs. Ansori, M. P. (2024). *Penulisan Bahan Ajar Teori & Implementasi*. Palembang: Bening Media Publishing. 195 hlm.
- Jauhariyyah, F. R. (2017). Science, technology, engineering and mathematics project based learning (stem-pjbl) in science learning. *Proceedings of the National Seminar on Science Education*, 2, 432–436.
- Jonassen, D. H. (1997). Instructional Design Models for Well-Structured and Ill-Structured Problem-Solving Learning Outcomes. *Educational Technology Research and Development*, 45(1), 65–94.
- Julianti, D., & Efriani, A. (2025). *Transformasi Pembelajaran Interaktif Berbasis Budaya Lokal*. Palembang: Bening Media Publishing.
- Karunaratne, W., & Calma, A. (2024). *Assessing creative thinking skills in higher education : deficits and improvements*. *Studies in Higher Education*, 49(1), 157-177.
- Khan, B. H. (2006). *Non-conventional energy resources*. Tata McGraw-Hill Education. 455 hlm.
- Korur, F., & Eryilmaz, A. (2018). Interaction between Students' Motivation and Physics Teachers' Characteristics: Multiple Case Study. *The Qualitative Report*, 23(12), 3054.
- Lei, H., Win, Y., & Yi, K. P. (2025). The Effectiveness Of Hands-On And Minds-On Activities. *J Myanmar Acad*, 22(9), 105-115.
- Leung, W. S. (2022). Ill-Structured Problems and the Value of Comparable Perspectives. *Asian Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 12(2). 163-169.
- Madyani, I., Yamtinah, S., & Utomo, S. B. (2019). Profile of Creative Thinking Skills on Junior High School Students in Science Learning by Gender. *Scientiae Educatia: Jurnal Pendidikan Sains*, 8(2), 119-130.
- Malik, A., Prihatini, S., & Denya, R. (2023). Study on Collaborative Creativity Learning Models and Gender on Students ' Creative Thinking Skills. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 9(1), 91-102.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 41(1), 31-48.
- 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.
- Melur, E. C., Liliawati, W., Samsudin, A., Aviyanti, L., Setiawan, A., & Melur, E. C. (2025). Profile of Creative Thinking Skills and Analysis of Students' Perceptions of Physics Learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(5), 1029-1035.
- Millen, N. R., & Supahar, S. (2023). The Effectivity Study: Implementation of the Physics e-Module with PjBL-STEM Model to Describe Students' Creative Thinking Skills and Learning Motivation Profile. *Journal of Science Education Research*, 7(2), 106-113.
- Muhlisin, M. . S. N. . & K. M. (2015). Pemanfaatan Sampah Kulit Pisang dan Kulit Durian Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Pasta Batu Baterai. *Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 9(3), 137-147.
- Mulyaningrum, S. T., Fadiawati, N., & Herlina, K. (2025). Improving Student's Creative Thinking Skills Using Worksheets Based STEM-Project. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(6), 349-360.
- Nasution, M. (2021). Mengaplikasikan Sel Volta Dalam Pembuatan Baterai Sebagai Penyimpan Energi. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 6(3), 152-154.
- Nisa, Y. K., Dawud, Y., & Djohar, N. (2024). Strategi Pengembangan Usaha Pisang Cavendish Pada UD Istana Banana di Desa Pilanggede Kecamatan Balen Kabupaten Bojonegoro. *Jurnal Ilmiah Membangun Desa dan Pertanian*, 9(2), 141-149.
- Noer, D., & Dayana, I. (2021). *Pengantar Baterai*. Bogor: Guepedia.
- Nurfazri, Marpaung Pulungan, Ade Febria Irawati, D., Dian, R., Ayuningsih, Y., & Nila. (2018). Pembuatan Bio Baterai Berbahan Dasar Kulit Pisang. *Hasanuddin Student Journal*, 2(1), 180-188.
- Opendakker, M. C., & Van Damme, J. (2006). Teacher characteristics and teaching styles as effectiveness enhancing factors of classroom practice. *Teaching and teacher education*, 22(1), 1-21.
- Pamungkas, N. E., & Fitriyani, F. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Berbasis Higher Order Thinking Skill (HOTS) Materi Magnet. *Pedagogia: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar Indonesia*, 5(1), 91-102.

- Pane, I., Hadju, V. A., Maghfuroh, L., Akbar, H., Simamora, R. S., Lestari, Z. W., Galih, A. P., Wijayanto, P. W., Waluyo, U., & Aulia, U. (2021). *Desain Penelitian Mixed Method*. Aceh: Yayasan Penerbit Muhammad Zaini. 8(9), 245-247.
- Pulungan, N., Febria, M. A., Desma, I., Ayuningsih, R. D., & Nila, Y. (2017). Pembuatan Bio Baterai Berbahan Dasar Kulit Pisang. *Hasanuddin Student Journal*, 1(2), 96–101.
- Purnama, E., Abdullah, H., Arafah, K., & Sanam, A. I. (2024). The Effect of Science Process Skills-based Worksheet to Improve Creative Thinking of High School Physics Students in Indonesia. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 14(3), 1640–1651.
- Pursitasari, I. D., Rubini, B., & Suriansyah, M. I. (2023). *Critical thinking & ecoliteracy : kecakapan abad 21 untuk menunjang sustainable development goals*. Gorontalo: Ideas Publishing.
- Putri, Y. S., & Alberida, H. (2022). Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik Kelas X Tahun Ajaran 2021 / 2022 di SMAN 1 Pariaman (Creative Thinking Skills Class X Students for the 2021 / 2022 Academic Year at SMAN 1. 08, *Biodik*, 8(2), 112-117.
- Raharjo, M. A. N., Herlina, K., & Wicaksono, B. A. (2025). Banana Peel Bio-Battery Project-Based Electronic Worksheet: Enhancing Creative Thinking and Psychomotor Skills. *SEJ (Science Education Journal)*, 9(2), 199-216.
- Rahayu, I. P., & Wulandari, F. (2025). Creative Thinking Skills Through Project-Based Learning (PjBL)-STEM. *Jurnal Pijar Mipa*, 20(5), 864–869.
- Rakhmah, A. A., Ramadhan, D., Zahراسيwi, R. F., & Kurniawati, W. (2023). Pemanfaatan Potensi Sampah Sebagai Sumber Energi. *Jurnal Penelitian Teknologi Informasi Dan Sains*, 1(4), 133–141.
- Ramalingam, D., Anderson, P., Duckworth, D., Scoular, C., & Heard, J. (2020). *Creative Thinking: Skill Development Framework*. Australia: Australian Council for Educational Research.
- Rauf, N. (2023). Review of Bio-Batterai as a Renewable Energy Source. *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 14(1), 81–86.
- Retno, R. S., Hidayat, A., Mashfufah, A., & Chairul, E. (2025). Students ' Creative Thinking in STEM Integrated Project-Based Learning (PjBL-STEM). *Journal of Education Research and Evaluation*, 9(1), 142–152.
- Rush, L., D. (2010). *Integrated STEM Education through Project-Based Learning*. United States: Learning.com. 12 hlm.

- Ryan, P., & Guido, M. D. (2013). Attitude and Motivation towards Learning Physics. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2(11), 2087–2094.
- Saefullah, A., Suherman, A., Utami, R. T., Antarnusa, G., Rostikawati, D. A., & Zidny, R. (2021). Implementation of PjBL-STEM to improve students' creative thinking skills on static fluid topic. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 6(2), 149-157.
- Saksono, H., Khoiri, A., Surani, D., Rando, A., Amega, N., Remi Setiawati, M. P., Umalihayati., Helmi Ali., Abner Adipradipta., Muhammad Nur Ali., & Muthia Aryuni.(2023). *Teori Belajar Dalam Pembelajaran*. Batam: Cendikia Mulia Mandiri.
- Saleh, S. (2014). Malaysian students ' motivation towards Physics learning. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 2(4), 223-232.
- Salsabila, S., & Gumiandari, S. (2024). Pendekatan Konstruktivis Sosial Dalam Pembelajaran. *Educatioanl Journal: General and Specific Research*, 4(Februari), 170–178.
- Saputri, D. T., Putri, A. W., & Buanasari, A. M. B. (2025). Pengaruh Tegangan Terhadap Besar Kuat Arus Listrik Pada Pengukuran Hukum OHM Berbasis Simulasi Phet HTML5. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, 4(1), 321-331.
- Sari., Rakhmawati, A., & Rahmawati, H. R. (2025). Effectiveness of PjBL Worksheet Based on Local Potential to Improve Critical and Creative Thinking Skills of Phase E High School Students. *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, 6(1), 242–252.
- Setyarini, D. A., Supardi, Z. A. I., & Sudibyoy, E. (2021). Improving Senior High School Students' Physics Problem-Solving Skills Through Investigated Based Multiple Representation (IBMR) Learning Model. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 2(1), 42-53.
- Shabrina, A., & Astuti, U. P. (2022). The Integration of 6Cs of the 21st Century Education into English Skills: Teachers' Challenges and Solutions. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 7(1), 28.
- 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*. Medan: In Yayasan Kita Menulis.
- Sigalingging, R., & Sitorus, Y. (2024). Study Of Fruit Waste As Bio-Battery Materials For Alternative Electricity. *Journal of Sustainable Agriculture and Biosystems Engineering*, 2(01), 001-010.

- Singgih, S., & Ikhwan, N. (2018). Potensi Kulit Pisang Sebagai Pengganti Pasta Elektrolit Isi Baterai Pada Robot Line Follower. *Jurnal Poltrisidha*, 1(1), 48–54.
- Stoeffler, L.K., & Daley, N. (2023). Navigating the Spectrum of Conventionality : Toward a New Model of Creative Thinking. *Journal of Intelligence*, 11(2), 21.
- Suardipa, P. (2019). Kajian Creative Thinking Matematis dalam Inovasi. Purwadita: *Jurnal Agama dan Budaya*, 3(2), 15-22.
- Suharnadi, P., & Nirwana, H. (2024). The Role and Function of Learning Motivation in Improving Student Academic Achievement. *Journal of Education and Management*, 2(1), 1-8.
- Suprpto, N., Rizki, I. A., & Cheng, T. H. (2024). Profile of students' physics critical thinking skills and prospect analysis of project-oriented problem-based learning model. *Journal of Educational and Social Research*, 14(3), 134.
- Syukri, M., Putri, E. S., Musdar, M., & Halim, L. (2023). Analysis of Solving Physics Problems Using the Minnesota Model for Mechanics Concepts. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 8(3), 296.
- Tantinta, S., Koto, I., Purwanto, A., & Ahda, N. V. (2025). Project Based Learning Assisted by E-Worksheet Effect on Creative Thinking Ability on Renewable Energy Topic. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 16(2), 230-237.
- Thornhill, M. B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J., Morisseau, T., Bourgeois-bougrine, S., Vinchon, F., Hayek, S. El, Augereau-landais, M., Mourey, F., Feybesse, C., Sundquist, D., & Lubart, T. (2023). Creativity , Critical Thinking , Communication , and Collaboration : Assessment , Certification , and Promotion of 21st Century Skills for the Future of Work and Education. *Journal of Intelligence*, 11(3), 54.
- Trianggono, & Yauannita. (2018). Karakteristik keterampilan berpikir kreatif dalam pemecahan masalah fisika berdasarkan gender. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Keilmuan (JPFK)*, 4(2), 98-106.
- Tseng, K., Chang, C., Lou, S., & Chen, W. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 87-102.

- Vygotsky. (1978). *Thought and Language*. Massachusetts: MIT Press Cambridge. 168 hlm.
- Uki, R. S., Saehana, S., & Pasaribu, M. (2017). Pengaruh Model Pembelajaran Generatif Berbasis Hands-On Activity pada Materi Fluida Dinamis terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Physics Communication*, 1(2), 6–11.
- Vioreza, N., Marhamah, S. P., Nugroho, B. T. A., Solihat, E., Hasanah, N., Oktaviana, E., ... & Ginting, M. B. (2020). *Call for book tema 4 (Model & metode pembelajaran)*. Jawa Timur: Jakad Media Publishing.
- Wafa, S., Asri, Abdurrahmat, S., Asep, Nana, N., Hernawati, D., & Badriah, L. (2025). Profil Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik Pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Inovasi Pendidikan Berbantuan Teknologi*, 5(1), 46–53.
- Wallach, M. A., & Torrance, E. P. (1968). Torrance Tests of Creative Thinking: Norms -- Technical Manual. *American Educational Research Journal*, 5(2), 272.
- Widyasmah, M., Abdurrahman, & Herlina, K. (2020, February). Implementation of STEM Approach Based on Project-based Learning to Improve Creative Thinking Skills of High School Students in Physics. In *Journal of Physics: Conference Series* 1467(1), 012072.
- Wood, I, P. K., Williams, H., King, P., & Brabeck, M. (1983). Inquiring Systems and Problem Structure : Implications for Cognitive Development. *Human development*, 26(5), 249-265.
- Wulandari, N. (2025). Integrating STEM in Physics Learning to Improve 21st Century Skills: A Systematic Literature Review. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 8(2), 360-369.
- Yasiro, L. R., Wulandari, F. E., & Fahmi, F. (2021). Analisis Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Dalam Menyelesaikan Soal Pada Materi Pemanasan Global Berdasarkan Prestasi Siswa. *Journal of Banua Science Education*, 1(2), 69–72.
- Yulna, Z. R. & Asrizal (2025). Analisis Kebutuhan E-Bahan Ajar Energi Alternatif Terintegrasi Etnofisika untuk Memfasilitasi Kemampuan Pengetahuan dengan Berpikir Kreatif Siswa. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 9(2), 27782–27789.
- Yusnaeni, Y., Corebima, A. D., Susilo, H., & Zubaidah, S. (2017). Creative thinking of low academic student undergoing search solve create and share learning integrated with metacognitive strategy. *International Journal of Instruction*, 10(2), 245–262.

- Zeidan, M. M., & Young, D. (2024). Enhancing Classroom Engagement : Investigating Student Motivation towards Learning Physics. *Schrödinger: Journal of Physics Education*, 5(4), 150–159.
- Zikra, R. H., Dewi, W. S., & Suherman, D. S. (2025). Kepraktisan E-LKPD Berdiferensiasi Gaya Belajar Pada Materi Pemanasan Global Fase E Sekolah Menengah Atas. *Indo-Mathedu Intellectuals Journal*, 6(1), 1418-1426.
- Zou, Y., Kuek, F., Feng, W., & Cheng, X. (2025, March). Digital Learning In The 21st Century: Trends, Challenges, And Innovations In Technology Integration. In *Frontiers in Education* (Vol. 1 p. 1562391).