

**EFEKTIVITAS LKPD BERBASIS *PROJECT* PEMANFAATAN DAUN
KELOR SEBAGAI *ALTERNATIVE ELECTRICITY* UNTUK
MELATIHKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KREATIF**

(SKRIPSI)

Oleh

**ADINDA PUTRI PURNAMASARI
NPM 2213022092**



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

ABSTRAK

EFEKTIVITAS LKPD BERBASIS *PROJECT* PEMANFAATAN DAUN KELOR SEBAGAI *ALTERNATIVE ELECTRICITY* UNTUK MELATIHKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KREATIF

Oleh

ADINDA PUTRI PURNAMASARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas LKPD berbasis *project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* dalam melatih kemampuan berpikir kreatif pada materi energi alternatif, khususnya mengenai *alternative electricity*. Penelitian ini dilakukan di SMAN 1 Kalianda dan SMAN 1 Sragi dengan menggunakan metode *pre experiment* melalui desain penelitian *one group pretest-posttest*. Sampel yang digunakan adalah kelas X Merdeka 2 SMAN 1 Kalianda sebagai kelas eksperimen 1 dan kelas X Merdeka 1 SMAN 1 Sragi sebagai kelas eksperimen 2. Kedua kelas eksperimen tersebut berasal dari lingkungan sekolah yang berbeda, dimana kelas eksperimen 1 merupakan kelas yang berada di *urban area*, sedangkan kelas eksperimen 2 berasal dari *rural area*. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini berupa soal *essay* yang disusun untuk mengukur kemampuan berpikir kreatif peserta didik. Pembelajaran menggunakan LKPD berbasis *Project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* efektif dalam melatih kemampuan berpikir kreatif peserta didik yang berasal dari sekolah di *urban area* maupun peserta didik yang berasal dari sekolah di *rural area*. Hal ini ditunjukkan oleh hasil uji *Paired Sample T-test* yang menunjukkan nilai *sig. (2-tailed)* $0,001 < 0,05$ pada kedua kelas eksperimen. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat peningkatan nilai rata-rata kemampuan berpikir kreatif peserta didik sebelum dan setelah menggunakan LKPD berbasis *project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity*. Selain itu, dilakukan pula perhiungan rata-rata *N-Gain* kemampuan berpikir kreatif pada kedua kelas eksperimen. Pada kelas eksperimen 1 diperoleh nilai rata rata *N-Gain* sebesar 0,65 dengan kategori sedang, sedangkan pada kelas eksperimen 2 diperoleh nilai rata rata *N-Gain* sebesar 0,69 dengan kategori sedang. Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan LKPD berbasis *project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* efektif untuk melatih kemampuan berpikir kreatif peserta didik.

Kata kunci: LKPD berbasis *project*, kemampuan berpikir kreatif, *alternative electricity*, biobaterai daun kelor

ABSTRACT

THE EFFECTIVENESS STUDENT WORKSHEETS BASED PROJECT UTILIZING MORINGA LEAVES AS ALTERNATIVE ELECTRICITY TO ENHANCE CREATIVE THINKING SKILLS

By

ADINDA PUTRI PURNAMASARI

This study aimed to examine the effectiveness of project-based student worksheets utilizing Moringa oleifera leaves as alternative electricity in enhancing students' creative thinking skills in alternative energy learning, particularly on the topic of alternative electricity. The research was conducted at SMAN 1 Kalianda and SMAN 1 Sragi using a pre-experimental method with a one-group pretest–posttest research design. The samples consisted of Grade X Merdeka 2 students of SMAN 1 Kalianda as Experimental Class 1 and Grade X Merdeka 1 students of SMAN 1 Sragi as Experimental Class 2. The two experimental classes were drawn from different educational environments, where Experimental Class 1 represented an urban-area school, while Experimental Class 2 represented a rural-area school. The research instrument employed was an essay test designed to assess students' creative thinking skills. The implementation of project-based student worksheets utilizing Moringa oleifera leaves as alternative electricity proved effective in enhancing the creative thinking skills of students from both urban and rural school settings. This finding was supported by the results of the Paired Sample t-test analysis, which showed a significance value (Sig. 2-tailed) of $0.001 < 0.05$ in both experimental classes. The results indicate an increase in the average scores of students' creative thinking skills before and after the implementation of the project-based student worksheets. Furthermore, the average N-Gain analysis of creative thinking skills demonstrated a score of 0.65 in Experimental Class 1 and 0.69 in Experimental Class 2, both categorized as moderate improvement. Based on these findings, it can be concluded that project-based student worksheets utilizing Moringa oleifera leaves as alternative electricity are effective in enhancing students' creative thinking skills.

Keywords: *student worksheets based project, creative thinking skills, alternative electricity, Moringa oleifera leaf biobattery.*

**EFEKTIVITAS LKPD BERBASIS *PROJECT* PEMANFAATAN DAUN
KELOR SEBAGAI *ALTERNATIVE ELECTRICITY* UNTUK
MELATIHKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KREATIF**

Oleh

**ADINDA PUTRI PURNAMASARI
NPM 2213022092**

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 LKPD BERBASIS *PROJECT* PEMANFAATAN DAUN KELOR SEBAGAI *ALTERNATIVE ELECTRICITY* UNTUK MELATIHKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KREATIF**

Nama Mahasiswa : **Adinda Putri Purnamasari**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2213022092**

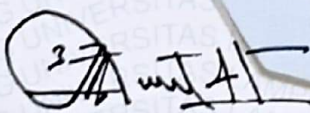
Program Studi : **Pendidikan Fisika**


Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



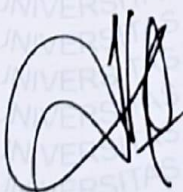
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


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

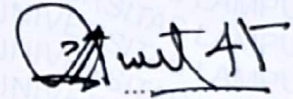

Dimas Permadi, S.Pd., M.Pd.
NIP 19901216 201903 1 017

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

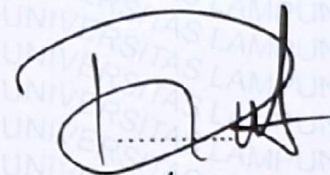

Dr. Nurhanurawati, M.Pd.
NIP 19670808 199103 2 001

MENGESAHKAN

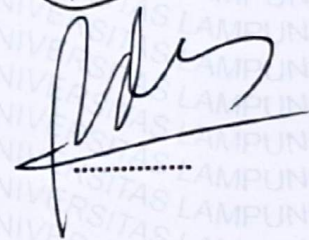
1. Tim Penguji
Ketua : Prof. Dr. Kartini Herlina, M.Si.



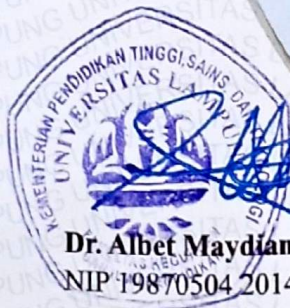
Sekretaris : Dimas Permadi, S.Pd., M.Pd.



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



2. Dekan Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan



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 adalah:

Nama : Adinda Putri Purnamasari
NPM : 2213022092
Program Studi : Pendidikan Fisika
Fakultas/Jurusan : KIP/Pendidikan MIPA
Alamat : Palas Jaya, Kec. Palas, Kab. Lampung Selatan, Prov.
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, 7 Mei 2026



Adinda Putri Purnamasari
NPM 2213022092

RIWAYAT HIDUP

Penulis skripsi ini bernama lengkap Adinda Putri Purnamasari, dilahirkan di Desa Palas Jaya, Kecamatan Palas, Kabupaten Lampung Selatan pada tanggal 5 Mei 2004 merupakan putri keempat dari pasangan Bapak Tugimin dan Ibu Selamat. Penulis mengawali pendidikan formal pada tahun 2010 sebagai peserta didik di SD Negeri 2 Palas Jaya dan lulus pada tahun 2016. Penulis melanjutkan pendidikan formal ke jenjang sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Palas pada tahun 2016 dan lulus pada tahun 2019. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan formal ke jenjang sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Sragi pada tahun 2019 dan lulus pada tahun 2022. Lalu, pada tahun yang sama penulis diterima dan terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika di Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN.

Selama menempuh pendidikan sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika, penulis aktif dalam berbagai macam kegiatan organisasi. Penulis pernah menjadi Sekertaris Divisi Sosial dan Humaniora dari ALMAFIKA FKIP UNILA pada tahun 2023-2024. Penulis merupakan *awardee* Pertukaran Mahasiswa Merdeka Angkatan 4 Inbound Universitas Tadulako pada tahun 2024. Penulis juga pernah menjadi delegasi Universitas Lampung dalam Proyek Kemanusiaan di Malaysia pada tahun 2024. Pada kesempatan yang sama, penulis juga menjadi mahasiswa internasional di INTI *International University*, Malaysia. Penulis juga merupakan finalis pada ajang mahasiswa berprestasi tingkat fakultas Universitas Lampung.

MOTTO

“Que sera sera, what ever will be, will be.”

(The pixies)

“So, everything will be fine. No need to worry”

(Joko Widodo)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin, dengan mengucapkan syukur atas kehadiran Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, serta shalawat beriring salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. Bersama rasa syukur yang mendalam dan dengan rendah hati, penulis mempersembahkan karya tulis ini sebagai wujud tanggung jawab dalam menyelesaikan pendidikan, serta sebagai wujud penghormatan dan tanda bukti sayang nan tulus kepada:

1. Orang tua tercinta, Bapak Tugimin dan Ibu Selamet (Alm) yang telah berkorban begitu banyak, baik waktu, tenaga, maupun materi, demi kelancaran studi penulis. Kata-kata rasanya tak cukup untuk menggambarkan betapa besar rasa terima kasih saya. Bapak yang terus berjuang hingga saat ini, dan ibu yang berjuang bahkan hingga akhir hayatnya. Terima kasih tak terhingga saya ucapkan atas segala bentuk perjuangan yang telah diberikan.
2. Ketiga kakak terbaik sepanjang masa, Mas Suratno, Mba Ratimah dan Mba Aswati (Alm) yang tak kalah besarnya memperjuangkan pendidikan penulis. Terima kasih karena terus mendukung dan memberikan segalanya untuk adik bungsunya. Semoga penulis akan tetap menjadi adik kebanggan kalian semua.
3. Keluarga besar yang selalu memberikan motivasi, dukungan dan semangat.
4. Sahabat dan teman-teman yang selalu setia mendampingi selama perjalanan dan perjuangan penulis dalam menyelesaikan pendidikan.
5. Para pendidik yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman, serta senantiasa memberikan bimbingan terbaik kepada penulis dengan tulus dan ikhlas.
6. Keluarga besar Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung.
7. Almamater tercinta, Universitas Lampung.

SANWACANA

Alhamdulillah *rabbil'alamin*, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Efektivitas LKPD Berbasis *Project* Pemanfaatan Daun Kelor Sebagai *Alternative Electricity* Untuk Melatihkan Kemampuan Berpikir Kreatif” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Fisika di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa terdapat bantuan dari berbagai pihak dalam proses penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd. selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Viyanti, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
5. Ibu Prof. Dr. Kartini Herlina, M.Si., selaku Pembimbing 1, atas kesediaan dan kesabarannya dalam memberikan bimbingan dan arahan serta motivasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi. Terima kasih atas waktu, pemikiran, dan motivasi yang begitu berharga.
6. Bapak Dimas Permadi, S.Pd., M.Pd. selaku pembimbing akademik sekaligus pembimbing 2 yang telah membimbing dengan penuh kesabaran dan

keikhlasan hati serta memberikan dukungan sehingga proses ini terasa lebih ringan. Terima kasih atas waktu, pemikiran, dan motivasi yang begitu berharga.

7. Bapak 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 dan Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung yang telah membimbing penulis selama proses perkuliahan.
9. Ibu Darmiyati, S.Pd., M.Pd., selaku Kepala SMA Negeri 1 Kalianda yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian.
10. Bapak Zaelani, S.Pd., M.Pd., selaku Kepala SMA Negeri 1 Sragi yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian.
11. Ibu Andini., S.Pd., selaku guru mata pelajaran fisika SMA Negeri 1 Kalianda yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis selama penelitian berlangsung.
12. Ibu Heni Wijayanti., S.Pd., M.Pd., selaku guru mata pelajaran fisika SMA Negeri 1 kalianda yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis selama penelitian berlangsung.
13. Ibu Tri Darmayanti, S.Pd. selaku guru mata pelajaran fisika SMA Negeri 1 Sragi yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis selama penelitian berlangsung.
14. Peserta didik kelas X Merdeka 2 SMAN 1 Kalianda dan X Merdeka 1 SMA Negeri 1 Sragi yang telah membantu dan bekerja sama selama penelitian berlangsung.
15. Sahabat terbaik dan tersayang, *Gangsta's Family*, Cindy Aulia, Marcelliana Putri, Elis Setiawati, Aura Marcellia Andintha, Egi Gusti Al Fajri, Harianto, dan Nurudin. Serta RBL, Bella Wahyuni, Lutfiah Mazidah, Nindi Putri Indah Sari, Jenita Yuliana, Yuli Yani Permata Sakti, Risnawati Hutapea dan Yayang Safitri yang selalu membuat perjalanan penulis menjadi lebih menyenangkan dan penuh kenangan.
16. Keluarga besar PMM4 *Inbound* UNTAD, Terkhusus keluarga kecil Pusentase yang telah tersebar diseluruh penjuru Indonesia.

17. Keluarga camara Tim 7 INTI, Malsa A'innia Sabrina Ramadhani, Muhamad Rayanda dan Ari Bima Anto yang menjadi bagian penting dalam perjalanan perkuliahan penulis.
18. Kekasihku, Adira Singgih Widanto yang selalu hadir dalam setiap proses perjuanganku, terima kasih atas doa, dukungan, kesabaran, serta semangat yang tidak pernah berhenti diberikan. Terima kasih telah menjadi tempat berbagi keluh kesah, penguat di saat lelah, dan penyemangat ketika rasa menyerah datang. Kehadiranmu menjadi salah satu alasan saya mampu menyelesaikan skripsi ini hingga akhir. Semoga segala kebaikan, perhatian, dan ketulusan yang telah diberikan dapat menjadi kenangan indah dan dibalas dengan kebahagiaan yang berlimpah.
19. 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, 9 Maret 2026

Adinda Putri Purnamasari
2213022092

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
I. PENDAHULUAN	10
1.1 Latar Belakang.....	10
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	7
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Kajian Teori	8
2.1.1 Teori Belajar Konstruktivisme Sosial	8
2.1.2 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).....	9
2.1.3 <i>Hand on Activity</i>	10
2.1.4 <i>Mind on Activity</i>	11
2.1.5 PjBL-STEM	12
2.1.6 Kemampuan Berpikir Kreatif.....	14
2.1.7 <i>Ill Structured Problem</i>	16
2.1.8 <i>Well Structured Problem</i>	17
2.1.9 <i>Problem Solving</i>	18
2.1.10 <i>Sustainable Development Goals</i>	20
2.1.11 <i>Alternative Electricity</i>	21
2.1.12 LKPD Berbasis <i>Project</i>	25
2.2 Penelitian yang Relevan	27
2.3 Kerangka Pemikiran	29
2.4 Hipotesis Penelitian	32
III. METODE PENELITIAN.....	33
3.1 Pelaksanaan Penelitian	33
3.2 Populasi dan Sampel Penelitian.....	33
3.3 Variabel Penelitian.....	34
3.4 Desain Penelitian	34
3.5 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	43
3.6 Instrumen Penelitian	44

3.7 Analisis Instrumen Penelitian.....	44
3.7.1 Uji Validitas.....	44
3.7.2 Uji Reliabilitas	46
3.8 Teknik Pengumpulan Data.....	47
3.8.1 Teknik Pengumpulan Data Kemampuan Berpikir Kreatif.....	47
3.8.2 Analisis keterlaksanaan LKPD	48
3.9 Teknik Analisis Data.....	48
3.9.1 <i>N-Gain</i>	48
3.9.2 Uji Normalitas.....	49
3.9.3 Uji Homogenitas	49
3.9.4 Uji Hipotesis	50
IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	52
4.1 Hasil Penelitian.....	52
4.1.1 Data Nilai Kemampuan Berpikir Kreatif.....	52
4.1.2 Uji Hipotesis	58
4.1.3 Analisis Keterlaksanaan LKPD.....	59
4.2 Pembahasan	61
4.2.1. Kemampuan Berpikir Kreatif.....	62
4.2.2 Analisis Keterlaksanaan LKPD	81
V. KESIMPULAN DAN SARAN	98
5.1 Kesimpulan.....	98
5.2 Saran	98
DAFTAR PUSTAKA	100

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sintaks PjBL-STEM	13
2. Indikator Berpikir Kreatif	15
3. Penelitian Mengenai Kandungan Senyawa dalam Kelor	23
4. Penelitian yang Relevan	27
5. Desain Eksperimen.....	35
6. Desain Penelitian pada Kelas Eksperimen	36
7. Interpretasi Validitas.....	45
8. Hasil Uji Validitas Kemampuan Berpikir Kreatif	45
9. Klasifikasi Reliabilitas	46
10. Hasil Uji Reliabilitas Soal Kemampuan Berpikir Kreatif.....	47
11. Kriteria Hasil Persentase dari Data Penilaian	48
12. Kriteria N-gain	49
13. Rata Rata Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	52
14. Data Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Setiap Indikator	53
15. Hasil Perhitung <i>N-Gain</i> Tiap Kelas.....	55
16. Hasil Hitung <i>N-Gain</i> Tiap Indikator Kemampuan Berpikir Kreatif pada Kelas Eksperimen 1 dan Kelas Eksperimen 2.....	56
17. Hasil Uji Normalitas Data.....	57
18. Hasil Uji Homogenitas.....	58
19 Hasil <i>Paired sample t-test</i> Kemampuan Berpikir Kreatif	59
20. Hasil Analisis Keterlaksanaan LKPD pada Kelas Eksperimen Pertama	60
21. Hasil Analisis Keterlaksanaan LKPD pada Kelas Eksperimen Kedua	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan Kerangka Pemikiran.....	31
2. Grafik Rata-Rata <i>N-Gain</i>	50
3. Grafik <i>N-Gain</i> Tiap Indikator pada Kedua Kelas Eksperimen	65
4a. Contoh Jawaban <i>Pretest</i> Peserta Didik pada Indikator Fluency.....	67
4b. Contoh Jawaban <i>Posttest</i> Peserta Didik pada Indikator Fluency.....	67
5a. Contoh Jawaban <i>Pretest</i> Peserta Didik pada Indikator Flexibility.....	70
5b. Contoh Contoh Jawaban <i>Posttest</i> Peserta Didik pada Indikator Flexibility.....	70
6a. Contoh Jawaban <i>Pretest</i> Peserta Didik pada Indikator <i>Originality</i>	74
6b. Contoh Jawaban <i>Posttest</i> Peserta Didik pada Indikator <i>Originality</i>	74
7a. Contoh Jawaban <i>Pretest</i> Peserta Didik pada Indikator <i>Elaboration</i>	75
7b. Contoh Jawaban <i>Posttest</i> Peserta Didik pada Indikator <i>Elaboration</i>	76
8. Grafik Hasil Analisis Keterlaksanaan LKPD Berbasis <i>Project</i> Pemanfaatan Daun Kelor Sebagai <i>Alternative Electricity</i>	81
9. Kegiatan 1 pada Sintaks <i>Reflection</i>	82
10. Peserta Didik Kelas Eksperimen Pertama dan Eksperimen Kedua pada Sintaks <i>Reflection</i>	83
11. Contoh Jawaban LKPD pada Tahap <i>Reflection</i>	84
12. Kegiatan pada Sintaks <i>Research</i>	85
13. Peserta Didik Kelas Eksperimen Pertama dan Kedua pada Sintaks <i>Research</i>	86
14. Contoh Jawaban LKPD Peserta Didik	87
15. Kegiatan pada Sintaks <i>Discovery</i>	89
16. Peserta Didik Kelas Eksperimen Kedua pada Sintaks <i>Discovery</i>	89

17. Contoh Jawaban LKPD Peserta Didik pada Sintaks <i>Discovery</i>	91
18. Kegiatan pada Tahap <i>Aplication</i>	93
19. Peserta Didik Kelas Eksperimen Pertama dan Kedua pada Tahap <i>Aplication</i> .	93
20. Contoh Pengerjaan LKPD pada Tahap <i>Aplication</i>	94
22. Kegiatan pada Tahap <i>Communication</i>	95
23. Peserta Didik Kelas Eksperimen Pertama pada Tahap <i>Communication</i>	96
24. Contoh Jawaban LKPD pada Tahap <i>Communication</i>	97

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tuntutan era revolusi industri 5.0 yang menekankan pentingnya keterampilan abad ke-21 membuat peserta didik perlu menguasai berbagai kemampuan esensial, salah satunya kreativitas yang termasuk di dalamnya yaitu kemampuan berpikir kreatif. Kemampuan berpikir kreatif menjadi aspek penting yang harus dimiliki peserta didik untuk menghadapi perkembangan teknologi sekaligus dinamika dan kompleksitas dunia global. Seperti yang ditegaskan oleh Hashim, *et al.*, (2022), kemampuan berpikir kreatif sangat penting karena menjadi bekal utama bagi peserta didik dalam menghadapi tantangan dunia modern. Dengan kemampuan berpikir kreatif peserta didik tidak hanya memahami konsep-konsep pengetahuan, tetapi juga mampu menghasilkan gagasan baru yang relevan, kreatif, dan inovatif sebagai respons terhadap berbagai permasalahan masa kini.

Proses pendidikan yang perlu dilakukan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif peserta didik adalah dengan menerapkan kegiatan belajar mengajar yang tidak hanya berfokus pada materi tanpa konteks, karena hal tersebut dapat menimbulkan kesenjangan antara konsep abstrak dengan realitas kehidupan sehari-hari (Mahanani., dkk 2019). Oleh karena itu, pembelajaran perlu dikaitkan dengan konteks nyata agar lebih relevan dan bermakna. Salah satu tantangan global yang sangat dekat dengan kehidupan saat ini adalah isu memburuknya kondisi lingkungan akibat aktivitas manusia yang tidak ramah lingkungan. Dalam kehidupan sehari-hari hal ini tercermin dari pola konsumsi energi misalnya melalui penggunaan listrik dari baterai untuk berbagai kebutuhan, mulai dari

perangkat elektronik mulai dari perangkat elektronik, kendaraan listrik, hingga peralatan rumah tangga. Baterai memiliki peran penting dalam kehidupan modern karena menyediakan sumber energi untuk berbagai hal, baterai sering digunakan untuk benda-benda disekitar seperti jam dinding, *remote*, senter dan masih banyak lagi. Kepraktisan ini membuat baterai sangat dibutuhkan dalam menunjang kehidupan masyarakat masa kini

Namun, di balik berbagai kemudahan yang ditawarkan terdapat ancaman besar yang perlu diwaspadai, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Febriani (2025), pada 2020 volume limbah baterai lithium-ion (LIB) di Indonesia diperkirakan mencapai 250.000 ton. Namun, hingga 2024 pengelolaan secara resmi hanya mencakup sekitar 0,78% dari total tersebut. Sebagian besar limbah lainnya ditangani secara informal yang berpotensi dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA) atau bahkan dibiarkan tanpa pengelolaan. Hal tersebut tentunya harus menjadi perhatian khusus karena jika tidak segera ditangani dengan tepat dapat menimbulkan ancaman serius bagi lingkungan.

Bahaya lingkungan yang dihasilkan akibat limbah baterai telah diteliti di beberapa negara salah satunya ialah penelitian di Ogun State, Nigeria yang menunjukkan bahwa aktivitas daur ulang baterai bekas yang tidak tepat berdampak langsung terhadap kualitas air tanah, terutama melalui peningkatan kandungan logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), arsenik (As), dan besi (Fe) dalam konsentrasi yang signifikan. Nilai indeks kualitas air (WQI) berada pada kisaran yang mengindikasikan potensi bahaya lingkungan (Adeleke *et al.*, 2024). Temuan ini memperkuat kekhawatiran bahwa pembuangan limbah baterai secara tidak terkendali dapat menjadi sumber pencemaran yang serius, mengancam kesehatan manusia melalui paparan air terkontaminasi serta merusak keseimbangan ekosistem air dan tanah di sekitarnya.

Sejalan dengan hal tersebut, Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) mencetuskan pembangunan tujuan berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (SDGs),

yang secara resmi disepakati oleh 193 negara anggota PBB pada 25 September 2015. Inisiatif global ini bertujuan untuk mengatasi berbagai tantangan dunia, termasuk perubahan iklim, dan degradasi lingkungan, serta mendorong pembangunan yang inklusif dan berkelanjutan. Isu limbah baterai berkaitan erat dengan SDGs khususnya tujuan ke-12 tentang konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab serta tujuan ke-13 tentang penanganan perubahan iklim (Chigbu, 2024). Dalam mewujudkan agenda global untuk menciptakan dunia yang lebih bersih, sehat, dan berkelanjutan bagi generasi mendatang diperlukan inovasi dalam pengembangan energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Salah satu solusi potensial yang dapat dikembangkan adalah bio baterai berbahan dasar *Moringa oleifera* (daun kelor). Daun kelor mengandung senyawa elektrolit alami seperti kalium, kalsium, dan magnesium, yang dapat berfungsi sebagai media penghantar ion dalam menghasilkan arus listrik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor mampu menghasilkan arus listrik dalam jumlah kecil misalnya, penelitian yang dilakukan oleh Rahayu (2025), ia menemukan bahwa pasta daun kelor murni dapat menghasilkan tegangan listrik sebesar 2,1 volt - 2,6 volt, dan arus listrik sebesar 0,14 ampere - 0,15 ampere. Selain itu, kelor juga mudah dibudidayakan, memiliki ketersediaan melimpah, dan ramah lingkungan, sehingga berpotensi menjadi sumber energi alternatif yang berkelanjutan.

Kelor mudah dibudidayakan di Lampung karena memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim tropis dengan suhu optimal 25–35 °C, mampu tumbuh di tanah kering maupun kurang subur, serta tahan terhadap musim kemarau. Selain itu, kelor dapat diperbanyak melalui biji maupun stek batang sehingga cepat tumbuh dan produktif, sementara serangan hama relatif jarang terjadi. Kondisi cuaca Lampung yang hangat dan bervariasi mendukung pertumbuhan kelor baik di dataran rendah maupun menengah, sehingga tanaman ini potensial dikembangkan sebagai bio baterai.

Berdasarkan tantangan dan potensi tersebut, pendidikan memainkan peran yang penting dalam menyiapkan generasi yang adaptif terhadap perkembangan zaman. Saat ini, topik energi alternatif telah diajarkan di tingkat SMA sebagai bentuk nyata dalam upaya membekali peserta didik dengan pemahaman sekaligus kemampuan dalam merespons isu global terutama terkait kebutuhan energi alternatif. Langkah awal yang dapat diambil salah satunya yaitu memilih dan menerapkan model pembelajaran yang relevan dan berpusat pada peserta didik, salah satunya seperti model *Project-Based Learning* yang dipadukan dengan pendekatan STEM atau yang dikenal dengan PjBL-STEM. Menurut Sulaiman *et al.*, (2024), model *PjBL-STEM* secara signifikan meningkatkan kemampuan peserta didik dalam menghubungkan konsep-konsep fisika dengan dunia nyata (*real-world connection*), memahami konsep secara mendalam (*conceptual connection*), serta menerapkan pemahaman tersebut dalam konteks praktis (*applied conceptual understanding*). Selain itu, Model PjBL-STEM merupakan model pembelajaran yang membentuk pola pikir dari yang semula kaku menjadi lebih terbuka terhadap pertumbuhan, serta pergeseran fokus dari yang awalnya hanya berdasarkan satu disiplin ilmu menjadi lebih lintas disiplin ilmu untuk pekerjaan profesional di masa depan (Seo, *et. al*, 2024).

Model pembelajaran yang baik perlu didukung dengan bahan ajar yang baik pula. Tanpa dukungan bahan ajar yang dirancang secara tepat model pembelajaran akan berjalan kurang optimal. Menurut hasil penelitian Magdalena *et al.*,(2020) menunjukkan bahwa kemampuan seorang guru dalam menyusun bahan ajar akan menentukan kualitas keberhasilan proses belajar dan pembelajaran. Dengan bahan ajar yang tersusun secara sistematis maka akan memperbesar kemungkinan proses pembelajaran akan terlaksana dengan lebih terarah, efektif dan juga sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Bahan ajar didefinisikan sebagai sebuah perangkat atau alat pembelajaran yang berisi materi pembelajaran, metode pembelajaran, dan cara mengevaluasi yang disusun secara terstruktur serta menarik dengan tujuan untuk mencapai sebuah kompetensi atau subkompetensi (Sungkono, 2003). Salah satu bentuk bahan ajar yang dapat digunakan adalah Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).

LKPD menjadi alat yang dapat digunakan untuk mengukur kapasitas peserta didik. Dalam pembelajaran, LKPD juga memiliki peran penting yaitu menilai keberhasilan guru dalam memimpin kegiatan pembelajaran (Maysiska Ruci, Huda, & Suneki, 2023). Komponen LKPD mencakup lembar tugas yang berfungsi sebagai bahan latihan dan evaluasi bagi peserta didik berdasarkan materi yang telah dijelaskan sebelumnya, disertai petunjuk yang membantu peserta didik membangun kerangka berpikir dalam memecahkan masalah (Widiyono & Ghufron, 2024). Berdasarkan uraian di atas, LKPD yang terintegrasi PjBL-STEM dapat menjadi sebuah alternatif yang baik untuk melatih kemampuan berpikir kreatif peserta didik.

Namun, penelitian yang dilakukan oleh Rahayu et al., (2025), mengungkapkan bahwa sekitar 80% dari seluruh responden yang telah menggunakan model PjBL-STEM telah menggunakan LKPD yang terintegrasi dengan model PjBL-STEM. Akan tetapi, seluruh responden belum pernah menerapkan proyek pembuatan biobaterai di kelas, dan 83,3% guru belum mengoptimalkan pembuatan biobaterai sebagai salah satu alternatif energi dalam pembelajaran fisika pada topik energi terbarukan.

Pengembangan mengenai LKPD berbasis *Project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* sebenarnya sudah pernah dikembangkan oleh Rahayu et al., (2025), LKPD yang dikembangkan telah terbukti valid, praktis dan efektif untuk meningkatkan *colaborative problem solving* dan *entrepreunerial skills*. Namun, hingga saat ini belum ada penelitian yang menguji apakah LKPD tersebut juga efektif terhadap peningkatan kemampuan lain, salah satunya kemampuan berpikir kreatif peserta didik. Berdasarkan pengembangan sebelumnya dan uraian yang telah dijelaskan di atas, maka dirasa perlu dilakukan penelitian mengenai efektivitas LKPD berbasis *project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* untuk melatih kemampuan berpikir kreatif.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah “Bagaimana efektivitas LKPD berbasis *Project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* untuk melatih kemampuan berpikir kreatif pada peserta didik di wilayah perkotaan dan pedesaan?”.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dituliskan diatas, maka tujuan yang terdapat dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas LKPD berbasis *Project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* untuk melatih kemampuan berpikir kreatif pada peserta didik di wilayah perkotaan dan pedesaan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan oleh peneliti dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagi Peserta didik

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan diharapkan dapat melatih kemampuan berpikir kreatif.

2. Bagi Peneliti Selanjutnya

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan untuk studi lanjutan LKPD berbasis *Project* dengan memanfaatkan bahan-bahan atau limbah organik lainnya untuk melatih kemampuan berpikir kreatif peserta didik maupun kemampuan lainnya.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Batasan penelitian atau ruang lingkup penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut.

1. LKPD energi terbarukan terintegrasi PjBL-STEM yang akan digunakan untuk melatih kemampuan berpikir kreatif diadaptasi dari Rahayu (2025)
2. Menggunakan materi fisika dengan topik energi alternatif khususnya *alternative electricity*
3. Penelitian ini berdasarkan sintaks atau tahapan dari model PjBL-STEM menurut Laboy Rush (2010), yaitu, *reflection, research, discovery, application, dan communication*.
4. Indikator kemampuan berpikir kreatif yang digunakan yaitu menurut Torrance (2018) antara lain, *Fluency, flexibility, originality* dan *elaboration*.
5. Tempat penelitian dilakukan di SMAN 1 Kalianda dengan satu kelas eksperimen yang menjadi kelas eksperimen pertama (X Merdeka 2) dan di SMAN 1 Sragi dengan satu kelas eksperimen yang menjadi kelas eksperimen kedua (X Merdeka 1).
6. Keterlaksanaan LKPD yang dimaksud dalam penelitian ini mengacu pada tingkat keterlaksanaan langkah-langkah kegiatan pembelajaran yang tercantum dalam LKPD oleh peserta didik sesuai dengan prosedur yang telah dirancang, yang diukur melalui pengamatan terhadap proses pengerjaan LKPD oleh peserta didik.
7. Peningkatan kemampuan berpikir kreatif yang dimaksud dalam penelitian ini mengacu pada perubahan tingkat kemampuan berpikir kreatif peserta didik setelah mengikuti pembelajaran menggunakan LKPD berbasis *project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity*, yang ditunjukkan oleh peningkatan skor hasil tes kemampuan berpikir kreatif.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Teori Belajar Konstruktivisme Sosial

Teori belajar konstruktivisme sosial menurut piaget, menekankan bahwa peserta didik harus secara aktif membangun pemahaman dan pengetahuan mereka sendiri tentang dunia yaitu melalui pengalaman dan refleksi terhadap pengalaman yang telah mereka hadapi (Wang, *et al*, 2025). Salah satu ciri khas konstruktivisme adalah bahwa pengetahuan dibangun berdasarkan pengalaman atau pengetahuan sebelumnya. Pemahaman yang diperoleh melalui pembelajaran didapatkan melalui pengalaman yang telah dihadapi, dan pengetahuan dapat dikembangkan melalui proses diskusi dan menyamakan pemahaman. Pembelajaran berlangsung secara realistis sesuai dengan kenyataan yang terjadi dalam kehidupan. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Gustafsson (2024), Pembelajaran merupakan proses aktif di mana pemahaman dikembangkan melalui pengalaman, pengetahuan tumbuh melalui negosiasi pemahaman, dan pembelajaran dilakukan secara realistis.

Menurut Vygotsky, perkembangan kognitif seorang individu sangat dipengaruhi oleh interaksi sosial individu tersebut, dan juga konteks budaya di sekitarnya. Belajar tidak terjadi secara terisolasi melainkan melalui keterlibatan aktif dengan orang lain, seperti guru, teman sebaya, atau orang dewasa yang lebih berpengalaman. *Zone of Proximal Development* (ZPD) merupakan rentang antara kemampuan yang dimiliki peserta didik secara mandiri dengan kemampuan yang

dapat dicapai melalui bimbingan. Dalam zona ini pembelajaran dianggap paling efektif karena peserta didik didorong melewati batas kemampuannya dengan bantuan dan *scaffolding* dari pihak lain. *Scaffolding* merupakan sebuah upaya membentuk lingkungan belajar yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Konsep tersebut juga didukung pernyataan dari Raslan, (2024) bahwa dukungan sosial memainkan peran penting dalam mempercepat perkembangan intelektual peserta didik.

Dalam konteks pembelajaran, pendekatan konstruktivisme mendorong guru untuk menciptakan lingkungan belajar yang kaya akan pengalaman nyata, kolaboratif, dan bermakna. Konstruktivisme mendukung pembelajaran yang berpusat pada peserta didik dan menekankan pembangunan pengetahuan secara aktif melalui pengalaman, penyelidikan, dan refleksi (Suryakant N, 2025). Pendekatan ini menekankan bahwa peran guru perlu bergeser dari "*sage on the stage*" (ahli yang menyampaikan di depan kelas) menjadi "*guide from the side*" (pendamping atau fasilitator di sisi peserta didik). Dengan kata lain, guru diharapkan mampu mendorong peserta didik untuk berperan aktif dalam proses pembelajaran serta mengembangkan kemampuan berpikir kreatif, kreativitas, dan keterampilan pemecahan masalah mereka (Vaishali & Misra, 2020).

2.1.2 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

Berbagai macam bahan ajar memiliki bentuk yang beraneka ragam mulai dari yang konvensional seperti buku, maupun dalam bentuk modern yang berbasis interaktif digital. LKPD termasuk bahan ajar cetak yang dirancang secara khusus untuk memfasilitasi partisipasi aktif peserta didik. LKPD merupakan instrumen pembelajaran yang disusun secara sistematis dengan tujuan membantu peserta didik dalam memahami konsep pembelajaran melalui aktivitas terarah. Keberadaan LKPD memungkinkan peserta didik untuk membangun pengetahuan dan pemahamannya secara mandiri sehingga pembelajaran yang berlangsung lebih berorientasi pada peserta didik. Di dalam LKPD, LKPD harus memuat petunjuk, informasi pendukung, serta tugas yang dapat dilaksanakan secara

mandiri maupun kolaboratif. Menurut Endah *et al.*, (2023) LKPD berfungsi sebagai media pembelajaran berbasis cetakan yang menyajikan panduan kegiatan bagi peserta didik untuk mengembangkan kemampuan mereka.

Bagi guru Penggunaan LKPD dalam pembelajaran dapat berperan sebagai pedoman dalam mengarahkan jalannya pembelajaran agar lebih terstruktur. sedangkan bagi peserta didik, LKPD menjadi alat untuk melatih kemandirian belajar, kemampuan berpikir kreatif, dan meningkatkan motivasi untuk terlibat aktif dalam pembelajaran. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa LKPD yang dapat meningkatkan kemandirian belajar, kemampuan berpikir kreatif, berpikir kreatif, meningkatkan motivasi belajar serta meningkatkan hasil belajar. Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Husna *et al.*, (2020) LKPD berbasis STEM yang telah dikembangkan dapat secara signifikan meningkatkan motivasi belajar peserta didik dan juga kemampuan berpikir kreatif.

2.1.3 Hand on Activity

Hands on activity merupakan salah satu proses pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk memahami fisika melalui kegiatan praktikum berbasis aktivitas langsung, dengan cara membuat prediksi, melakukan percobaan kuantitatif dan kualitatif, serta mengevaluasi dan menafsirkan data (Nikitin, et. al, 2025)Aktivitas ini penting karena memberikan pengalaman konkret yang dapat digunakan peserta didik untuk membangun pemahaman konsep secara mandiri. Menurut Sari,. dkk, (2024), Melalui keterlibatan langsung, peserta didik terdorong untuk memunculkan beragam ide serta mengembangkan dan merinci gagasan, sehingga proses tersebut secara nyata mendukung terbentuknya kemampuan berpikir kreatif peserta didik.

Hands-on activity menciptakan lingkungan belajar yang kondusif untuk memunculkan kreativitas karena aktivitas ini memberi ruang bagi peserta didik untuk mencoba berbagai ide (Li, et. al, 2025). Proses mencoba dan

mengeksplorasi memungkinkan peserta didik melatih aspek-aspek utama kemampuan berpikir kreatif, seperti kelancaran menghasilkan ide (*fluency*), keluwesan dalam mencari alternatif solusi (*flexibility*), kemampuan menemukan gagasan yang unik (*originality*) dan mengembangkan gagasan yang telah dimilikinya (*elaboration*). Lingkungan belajar yang fleksibel membuat peserta didik bebas untuk bereksperimen sehingga kreativitas berkembang secara optimal.

Salah satu bentuk *hands on activity* yang relevan dalam pembelajaran energi adalah pembuatan bio baterai menggunakan daun kelor. Aktivitas pembuatan bio baterai menuntut peserta didik untuk memahami konsep dasar elektrokimia sekaligus memunculkan ide kreatif untuk memanfaatkan bahan alami sebagai sumber energi alternatif. Peserta didik perlu berpikir kreatif mengenai bagaimana cara memproses daun kelor, memilih elektroda yang sesuai, hingga menyusun desain baterai yang efektif. Ketika Peserta didik diminta untuk menganalisis permasalahan yang muncul dan memberikan solusi terbaik, peserta didik terdorong untuk berpikir kreatif dalam menentukan jawaban yang paling tepat ketika mengidentifikasi permasalahan nyata dan menawarkan solusi atas permasalahan tersebut (Kardoyo., *et al.*, 2019).

2.1.4 Mind on Activity

Mind-on activity merupakan salah satu bentuk aktivitas dalam proses pembelajaran yang menekankan keterlibatan kognitif peserta didik secara aktif. Aktivitas *mind-on* membuat peserta didik terlibat dalam proses kognitif seperti memaknai, menghubungkan, dan meninjau kembali informasi, sehingga mereka tidak hanya mengikuti langkah pembelajaran tetapi benar-benar memahaminya (Ulum, dkk. 2019). Fokus dari *mind-on activity* terletak pada bagaimana peserta didik menalar, menghubungkan konsep-konsep baru dengan pengetahuan yang telah dimiliki, serta membangun pemahaman secara bermakna.

Dalam proses pembelajaran, *mind-on activity* diterapkan melalui serangkaian aktivitas yang mampu menstimulasi proses berpikir peserta didik. *Mind-on activity* dapat diwujudkan oleh guru melalui serangkaian teknik yang melibatkan proses kognitif peserta didik, mulai dari memberikan pertanyaan pemantik, diskusi konsep, analisis masalah nyata, membuat hipotesis, hingga evaluasi diri melalui refleksi (Salam, 2014). Aktivitas tersebut memfasilitasi peserta didik untuk menelaah konsep secara kritis dan menguji kebenaran ide yang muncul selama pembelajaran.

Selain memperkuat pemahaman konsep, *mind-on activity* memiliki peran penting dalam mengembangkan kemampuan berpikir kreatif peserta didik. Aktivitas *mind-on* menciptakan lingkungan belajar yang mendorong peserta didik untuk secara aktif merumuskan beragam ide, menemukan keterkaitan antar konsep yang sebelumnya tidak terlihat, serta mengembangkan berbagai alternatif penyelesaian masalah melalui proses eksplorasi dan penalaran (An, *et al*, 2022). Pembelajaran yang berorientasi pada *mind-on activity* secara tidak langsung melatih peserta didik untuk berpikir lebih bebas, tidak terpaku pada satu jawaban, dan lebih berani mengeksplorasi ide-ide baru.

2.1.5 PjBL-STEM

Model pembelajaran PjBL-STEM merupakan model pembelajaran berbasis proyek yang berorientasi pada pemecahan masalah. Integrasi ini bertujuan untuk menciptakan pengalaman belajar yang tidak hanya menekankan pada aspek konten atau teori tetapi juga proses berpikir, kreativitas, dan aplikasi pengetahuan lintas disiplin ilmu. Melalui model PjBL-STEM peserta didik diberikan tantangan untuk menghasilkan solusi dalam kehidupan sehari-hari, dengan mempertimbangkan aspek efisiensi, kelayakan, dan keberlanjutan. Peserta didik akan diberikan tantangan berupa proyek nyata yang menuntut mereka mengintegrasikan konsep-konsep dari sains, teknologi, teknik (*engineering*), dan matematika untuk menghasilkan solusi konkret dan inovatif (Nordlöf, Norström, Schönborn, & Hallström, 2024).

Menurut Laboy-Rush, (2010), secara umum setiap pembelajaran STEM terintegrasi berbasis proyek membimbing peserta didik melalui empat hingga lima tahap utama. Masing-masing tahap dirancang untuk mencapai tujuan spesifik yang berorientasi pada proses. Tahapan-tahapan ini merupakan sintaks dari berbagai program STEM terintegrasi berbasis proyek yang telah terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan abad ke-21 peserta didik, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi. Sintaks PjBL-STEM menurut laboy-rush dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sintaks PjBL-STEM

Tahapan	Kegiatan Pembelajaran
<i>Reflection</i>	Pada tahap ini dilakukan dengan menanamkan pemahaman peserta didik dalam konteks masalah dan memberikan inspirasi terhadap hal-hal yang dapat segera mulai diselidiki oleh peserta didik.
<i>Research</i>	Tahap ini dapat dilakukan melalui penelitian mandiri oleh peserta didik, pelajaran yang dipandu guru, membaca sumber terpilih, atau metode lain untuk mengumpulkan informasi relevan.
<i>Discovery</i>	Tahap ini menandai pergeseran kepemilikan belajar dari guru ke peserta didik, peserta didik mulai menghubungkan hasil penelitian dengan tuntutan proyek.
<i>Application</i>	Di tahap ini, peserta didik memodelkan atau menciptakan solusi nyata untuk menjawab permasalahan proyek.
<i>Communication</i>	Tahap ini peserta didik penyampaian hasil solusi atau model yang telah dikembangkan oleh peserta didik kepada rekan sejawat.

Laboy-Rush (2010)

Penerapan PjBL-STEM dalam proses pembelajaran terbukti mampu meningkatkan keterampilan abad ke-21 seperti kemampuan berpikir kreatif, kolaborasi, komunikasi, dan kreativitas. Model ini memungkinkan peserta didik bekerja dalam tim, merancang proyek, melakukan eksperimen, serta mempresentasikan hasilnya dalam bentuk produk nyata atau prototipe. Menurut penelitian oleh Retno *et al.*, (2025), pendekatan PjBL-STEM secara signifikan dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik serta mendorong berpikir kritis dan kreatif.

2.1.6 Kemampuan Berpikir Kreatif

Kemampuan berpikir kreatif mengacu pada proses menghasilkan suatu produk inovatif yang diperoleh dari aktivitas yang terarah. Menurut Brandt & Lorié, (2024), berpikir kreatif adalah kemampuan individu dalam menganalisis informasi baru dan menggabungkan ide-ide unik untuk memecahkan masalah. Kemampuan ini memungkinkan seseorang menemukan solusi inovatif dengan cara yang tidak biasa namun tetap relevan dengan konteks permasalahan yang dihadapi.

Sedangkan menurut Yamaoka & Yukawa, (2020) Berpikir kreatif adalah aktivitas yang melibatkan analisis informasi baru dan penggabungan ide-ide unik melalui perpaduan antara berpikir logis dan kemampuan menghasilkan banyak ide berbeda sebagai respons terhadap suatu masalah.

Berpikir kreatif merupakan salah satu tingkat tertinggi dari proses berpikir yang dapat dicapai peserta didik, dimulai dari mengingat, berpikir dasar, berpikir kritis, hingga mencapai berpikir kreatif, kreativitas melibatkan penggunaan metode berpikir imajinatif untuk memecahkan masalah kompleks, memperkuat kemampuan berpikir kreatif, serta mendorong inovasi ide dalam pengambilan keputusan, penelitian, dan kepemimpinan (McCuen, 2023). Dapat disimpulkan bahwa berpikir kreatif adalah kemampuan seseorang untuk dapat memproses masalah dan menghasilkan ide-ide baru yang relevan untuk menyelesaikan sebuah permasalahan.

Supaya mampu berpikir kreatif, peserta didik perlu melewati beberapa tahapan, mulai dari menyusun ide, merancang penerapan ide, hingga mengaplikasikan ide tersebut untuk menciptakan suatu produk baru yang dikenal sebagai bentuk dari kreativitas (Sedayu, Herpratiwi, Yulianti, & Distrik, 2024). Sedangkan Menurut Bagaria *et al.*, 2022, kreativitas atau inovasi merujuk pada proses mengembangkan dan menerapkan informasi baru. Terdapat empat indikator dalam berpikir kreatif menurut Torrance indikator-indikator tersebut yaitu, *fluency*,

flexibility, originality dan *elaboration* untuk indikator, sub indikator dan aktivitas yang dilakukan peserta didik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Indikator Berpikir Kreatif

Indikator Berpikir Kreatif	Sub Indikator	Aktivitas
<i>Fluency</i>	Kemampuan untuk menghasilkan beragam ide yang sesuai dengan konteks yang disajikan serta memberikan tanggapan terhadap suatu permasalahan.	Mengidentifikasi tiga permasalahan yang sesuai dengan konteks wacana yang ditampilkan.
		Menuliskan tiga rumusan masalah sesuai dengan isi wacana yang diberikan
<i>Flexibility</i>	Kemampuan untuk menghasilkan ide dari berbagai kategori atau pendekatan yang berbeda, menunjukkan variasi cara berpikir dan melihat masalah dari berbagai sudut pandang.	Menuliskan tiga ide proyek untuk mengurangi limbah baterai dengan memanfaatkan bahan organik sebagai bio baterai
		Menuliskan ide tentang tujuan proyek pemanfaatan bahan bahan organik sebagai bio baterai
<i>Originality</i>	Kemampuan untuk menghasilkan ide-ide yang unik, tidak biasa, atau jarang muncul di antara populasi umum. Ini mencerminkan kebaruan dalam berpikir.	Menuliskan tiga gagasan tentang pentingnya proyek pemanfaatan bahan bahan organik sebagai bio baterai
		Menggagas rincian alat dan bahan proyek pemanfaatan bahan bahan organik sebagai bio baterai.
		Menggambarkan desain proyek pemanfaatan bahan bahan organik sebagai bio baterai.
		Menuliskan peran dan tanggung jawab dari masing-masing anggota kelompok dalam proses pengerjaan proyek.
		Merakit alat dan bahan proyek pemanfaatan bahan bahan organik sebagai bio baterai.
		Melakukan praktikum dengan produk pemanfaatan bahan bahan organik sebagai bio baterai untuk membuktikan keberhasilan produk

Indikator Berpikir Kreatif	Sub Indikator	Aktivitas
		Mendokumentasikan setiap pelaksanaan kegiatan proyek pemanfaatan bahan organik sebagai bio baterai.
		Menuliskan gagasan dan prosedur pelaksanaan proyek pemanfaatan bahan organik sebagai bio baterai
		Menuliskan rincian fungsi dari alat yang digunakan dalam proyek pemanfaatan bahan organik sebagai bio baterai
<i>Elaboration</i>	Kemampuan untuk mengembangkan, memperinci, atau memperluas ide yang telah ada dengan menambahkan detail yang relevan dan bermakna.	Menuliskan jadwal kegiatan selama pengerjaan proyek pemanfaatan bahan organik sebagai bio baterai.
		Membuat laporan yang disusun dengan sistematis berdasarkan proyek yang telah dibuat.
		Merumuskan kendala kendala yang dihadapi pada saat menyelesaikan proyek.

Torrance (2018)

2.1.7 Ill Structured Problem

Ill-structured problem umumnya muncul dalam konteks tertentu dan menggambarkan masalah yang tidak jelas atau tidak terdefinisi dengan baik. Jenis masalah ini ditandai dengan informasi yang tidak lengkap, di mana data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan masalah tidak tersedia secara langsung dalam pernyataan masalah. Cho, *et al*, (2020), menjelaskan bahwa *ill-structured problem* merupakan masalah yang kompleks dan ambigu, sehingga peserta didik perlu menafsirkan sendiri bagian mana yang relevan untuk dianalisis. Keambiguan ini membuat *ill-structured problem* berbeda dari masalah terstruktur yang memiliki tujuan dan prosedur penyelesaian yang jelas.

Ill-structured problem juga merupakan bentuk masalah yang sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, sehingga terdapat kesenjangan antara kondisi awal dan kondisi akhir yang diinginkan. Karena konteks permasalahannya bersifat nyata, solusi dari *ill-structured problem* tidak dapat diprediksi secara langsung dan sering kali tidak konvergen. Artinya, terdapat lebih dari satu solusi yang mungkin, tergantung pada cara peserta didik menafsirkan masalah dan informasi yang tersedia. Penyelesaiannya sering membutuhkan integrasi berbagai konsep, pengetahuan, dan pengalaman yang relevan.

Karakteristik keterbukaan masalah ini menuntut peserta didik untuk mengekspresikan pendapat, keyakinan, dan interpretasi mereka terhadap situasi yang disajikan. Meacham, dan Emont (1945), menyatakan bahwa pemecahan *ill-structured problem* merupakan proses yang menghargai keunikan setiap individu, karena setiap peserta didik dapat mengajukan argumentasi dan pendekatan yang berbeda. Dalam proses ini, peserta didik perlu menjustifikasi solusi yang mereka tawarkan dengan alasan yang logis dan dapat dipertanggungjawabkan sesuai pemahaman mereka.

2.1.8 Well Structured Problem

Well-structured problem merupakan jenis masalah yang memiliki tujuan yang jelas, informasi yang lengkap, serta langkah penyelesaian yang terarah. Masalah seperti ini membantu peserta didik memahami konteks permasalahan secara sistematis sebelum beralih pada tahap pemecahan masalah. Struktur yang runtut memberikan pijakan awal sehingga peserta didik dapat mengembangkan kemampuan berpikir kreatif melalui proses penguraian dan analisis informasi secara teratur (Yohananingtyas, dan Harjito, 2024).

Penyelesaian *well-structured problem* melibatkan penerapan aturan dan prinsip yang sudah dipelajari, seperti konsep dasar ilmu fisika. Walaupun demikian, aktivitas tersebut tetap mendorong peserta didik untuk menentukan strategi,

mengelompokkan konsep terkait, dan membangun representasi pemahaman mereka sendiri. Menurut Yohananingtyas (2024), dalam penyelesaian soal *well structured problem* Peserta didik harus mampu mengidentifikasi informasi yang relevan, menghubungkannya dengan konsep yang telah dipelajari, serta mengintegrasikan berbagai elemen tersebut untuk memperoleh solusi yang tepat dan meskipun masalah yang diberikan bersifat *well-structured* dengan prosedur penyelesaian yang jelas, peserta didik tetap memerlukan fleksibilitas dalam memilih strategi yang sesuai berdasarkan pemahaman terhadap informasi yang tersedia. Pada tahap ini, aspek kreativitas mulai berkembang karena peserta didik mengolah informasi dengan sudut pandang yang lebih variatif.

Walaupun jenis masalah ini biasanya memiliki satu jawaban benar, proses penyelesaiannya tetap menyediakan ruang bagi peserta didik untuk menunjukkan ide-ide kreatif. Hal ini dapat terlihat ketika peserta didik diminta menjelaskan alasan pemilihan strategi tertentu atau menyajikan langkah penyelesaian dengan cara yang berbeda dari contoh yang ada. Proses tersebut mendorong peserta didik untuk memberikan elaborasi dan orisinalitas dalam berpikir, bukan sekadar menghasilkan jawaban akhir. Meskipun hasil akhirnya tetap satu, perbedaan dalam proses ini menjadi wujud kemampuan berpikir kreatif yang terasah melalui pembelajaran.

2.1.9 Problem Solving

Problem solving atau pemecahan masalah adalah proses berpikir yang dilakukan seseorang untuk menemukan solusi dari suatu permasalahan. Dalam pembelajaran fisika, *problem solving* menjadi kemampuan yang sangat penting karena siswa tidak hanya dituntut untuk menghafal rumus, tetapi juga memahami konsep dan menerapkannya pada berbagai situasi. Menurut Polya (1973, sebagaimana dikutip dalam Afryani, et al, 2021), terdapat empat langkah dalam pemecahan masalah, yaitu memahami masalah, merencanakan penyelesaian, melaksanakan rencana, dan memeriksa kembali hasil yang diperoleh.. Langkah-langkah ini membantu

peserta didik berpikir secara sistematis dan tidak terburu-buru dalam menentukan jawaban.

Problem solving diklasifikasikan sebagai salah satu keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS). Kemampuan pemecahan masalah merupakan keterampilan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan menyelesaikan suatu masalah secara efektif dan efisien (Abimantara, et al, 2024). Artinya, peserta didik tidak hanya mengerjakan soal atau permasalahan yang diberikan berdasarkan contoh yang pernah diberikan, tetapi juga mampu memilih strategi yang paling sesuai serta mengecek kembali kebenaran jawabannya. Kemampuan ini penting agar peserta didik tidak hanya bergantung pada satu cara penyelesaian saja.

Dalam pembelajaran fisika, kemampuan *problem solving* dapat dikembangkan melalui pemberian permasalahan yang bervariasi dan menantang. Guru dapat menggunakan pendekatan berbasis masalah agar peserta didik terbiasa berpikir aktif dan mencari solusi sendiri. Latihan *problem solving* yang berkesinambungan membantu peserta didik mengaitkan konsep dengan konteks nyata serta mengembangkan fleksibilitas dalam memilih strategi penyelesaian masalah (Kuswanto & Salim, 2025). Dengan demikian, *problem solving* menjadi salah satu kompetensi utama yang perlu dilatihkan dalam pembelajaran fisika di sekolah.

Hubungan antara kemampuan berpikir kreatif dan kemampuan pemecahan masalah fisika ditunjukkan melalui kontribusi signifikan kemampuan berpikir kreatif terhadap keberhasilan peserta didik dalam menyelesaikan masalah. Kemampuan berpikir kreatif memungkinkan peserta didik mengembangkan ide, mengombinasikan gagasan, serta menggunakan keluwesan berpikir dalam proses penyelesaian masalah fisika (Lutfin, dkk, 2022) Oleh karena itu, semakin tinggi kemampuan berpikir kreatif peserta didik, semakin tinggi pula kemampuan mereka dalam memecahkan masalah fisika. Dengan demikian, kemampuan

berpikir kreatif berkontribusi secara positif dan signifikan terhadap peningkatan kualitas pemecahan masalah peserta didik.

Selain itu, latihan pemecahan masalah yang dilakukan secara berkelanjutan dapat menjadi sarana pengembangan berpikir kreatif. Melalui aktivitas pemecahan masalah, peserta didik dilatih untuk menemukan berbagai kemungkinan solusi, berpikir secara lebih luas, mengeksplorasi beragam pendekatan, serta mengembangkan fleksibilitas berpikir dalam menghadapi berbagai situasi (Wulandari, *et al*, 2024) Proses ini membantu peserta didik membangun pemahaman konseptual yang lebih mendalam sekaligus meningkatkan kemampuan dalam mereorganisasi pengetahuan secara fleksibel sesuai dengan tuntutan situasi

2.1.10 Sustainable Development Goals

Sustainable Development Goals (SDGs) merupakan agenda global yang ditetapkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa untuk mempromosikan pembangunan yang berkelanjutan melalui 17 tujuan yang saling terintegrasi. Dalam konteks isu lingkungan, SDGs poin 12 tentang *Responsible Consumption and Production* dan poin 13 tentang *Climate Action* menjadi dua tujuan krusial yang berhubungan langsung dengan permasalahan limbah baterai. Baterai merupakan komponen vital dalam berbagai teknologi modern, bahkan pada benda-benda elektronik rumah tangga seperti jam dinding, remote dan masih banyak lagi, namun limbah baterai memiliki risiko lingkungan yang tinggi apabila tidak dikelola secara tepat (Forti, 2020)

SDGs poin 12 menekankan perlunya sistem produksi dan konsumsi yang bertanggung jawab untuk meminimalkan limbah serta memaksimalkan efisiensi sumber daya. Limbah baterai mengandung bahan berbahaya seperti merkuri, timbal, kadmium, dan lithium yang dapat mencemari tanah dan air jika dibuang

secara sembarangan (Kang., *et al* 2018) . Poin 12 secara khusus menargetkan pengelolaan bahan kimia dan limbah berbahaya secara ramah lingkungan sepanjang siklus hidupnya. Pengelolaan limbah baterai menjadi salah satu tantangan utama karena meningkatnya konsumsi perangkat elektronik sehingga volume limbah baterai terus bertambah secara signifikan setiap tahunnya.

Selain aspek limbah dan konsumsi, SDGs poin 13 mengenai *Climate Action* menekankan perlunya mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Proses daur ulang yang tidak optimal dan pembuangan yang tidak tepat meningkatkan risiko pelepasan gas rumah kaca dan degradasi ekosistem. Oleh karena itu, pengelolaan limbah baterai yang baik bukan hanya mencegah pencemaran bahan kimia, tetapi juga merupakan bagian dari strategi pengurangan emisi karbon. Pendekatan ini sejalan dengan SDGs 13 yang mengharuskan negara untuk memperkuat aksi iklim dalam semua sektor, termasuk sektor energi dan limbah.

2.1.11 Alternative Electricity

Dalam kehidupan saat ini energi menjadi salah satu kebutuhan utama bagi manusia. Energi diperlukan dalam hampir seluruh aktivitas, mulai dari keperluan rumah tangga hingga sektor industri dan transportasi. Baterai menjadi salah satu sumber energi yang fleksibel dan sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari, seperti pada jam dinding, remote, dan masih banyak lagi. Secara umum, baterai terdiri dari tiga komponen utama yaitu anoda, katoda, dan elektrolit. Ketiga bagian ini berfungsi menghasilkan energi listrik melalui reaksi kimia redoks. Dalam proses tersebut, digunakan berbagai bahan kimia seperti merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), litium (Li), dan nikel (Ni). Adapun struktur sel kering mangan (Baterai Kering)

- a. Anoda (elektroda negatif): Logam seng (Zn), yang juga berfungsi sebagai pembungkus bagian dalam baterai.
- b. Katoda (elektroda positif): Batang karbon/grafit (C) yang berada di tengah baterai.

- c. Elektrolit: Campuran mangan dioksida (MnO_2), amonium klorida (NH_4Cl), dan serbuk karbon (C) dalam bentuk pasta.

Adapun reaksi yang terjadi pada baterai:

- a) Anoda (reaksi oksidasi): $\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn(aq)}^{2+} + 2\text{e}^-$
- b) Katoda (reaksi reduksi): $2\text{MnO}_2(\text{s}) + 2\text{NH}_4^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3(\text{s}) + 2\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- c) Reaksi Total (Redoks): $\text{Zn(s)} + 2\text{MnO}_2(\text{s}) + 2\text{NH}_4^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Mn}_2\text{O}_3(\text{s}) + 2\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

(Nasution, 2021)

Namun, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Febriani (2025), ia mengemukakan bahwa pada 2020 volume limbah baterai lithium-ion (LIB) di Indonesia diperkirakan mencapai 250.000 ton. Namun, hingga 2024 pengelolaan secara resmi hanya mencakup sekitar 0,78% dari total tersebut. Sebagian besar limbah lainnya ditangani secara informal yang berpotensi dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA) atau bahkan dibiarkan tanpa pengelolaan.

Dampak negatif dari limbah baterai terhadap lingkungan sangat signifikan. Ketika dibuang ke tempat pembuangan akhir, logam berat dari baterai dapat merembes ke dalam tanah dan mencemari air tanah. Pencemaran ini dapat menyebabkan gangguan pada ekosistem dan merusak rantai makanan. Hewan dan tumbuhan yang terpapar logam berat berpotensi mengalami mutasi atau kematian, sementara manusia yang mengonsumsi hasil pertanian atau perikanan yang tercemar dapat mengalami berbagai gangguan kesehatan jangka panjang.

Salah satu solusi yang tengah dikembangkan adalah pemanfaatan energi alternatif. Biobaterai atau baterai berbasis bahan biologis merupakan langkah penting dalam upaya menciptakan penyimpanan energi yang ramah lingkungan. Bahan-bahan yang mudah terurai secara alami ini membantu mengurangi limbah dan biaya

sekaligus menjadi alternatif yang lebih aman bagi lingkungan dibanding baterai konvensional yang mengandung bahan kimia berbahaya dan sulit terurai (Radie Alawadi *et al.*, 2024) Biobaterai bekerja dengan memanfaatkan reaksi elektrokimia dari bahan organik untuk menghasilkan listrik yang melibatkan penggunaan bahan organik sebagai sumber energi, dengan memanfaatkan sumber energi yang berasal dari bahan organik seperti karbohidrat, asam amino, dan enzim. Biobaterai menggunakan enzim dan mikroorganisme untuk mengubah glukosa menjadi ion hidrogen dan elektron (Charistwardana, Pramuditha, & ngadiwiyanana, 2025).

Di Indonesia, salah satu bahan alami yang memiliki potensi besar sebagai komponen biobaterai adalah *Moringa oleifera* (daun kelor). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor mampu menghasilkan arus listrik dalam jumlah kecil. Selain itu, daun kelor mudah dibudidayakan, bersifat ekonomis, dan ramah lingkungan, menjadikannya salah satu kandidat ideal dalam pengembangan teknologi biobaterai di masa depan. Beberapa penelitian mengenai kandungan senyawa dalam kelor dan pemanfaatan daun kelor sebagai biobaterai dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penelitian Mengenai Kandungan Senyawa dalam Kelor

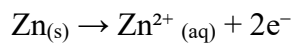
Nama Peneliti/Tahun	Judul Jurnal	Kandungan Senyawa	Kapasitas Untuk Bio Baterai
Ningrum <i>et al</i> 2023	<i>Analysis of Moringa Leaves as a Material for Making Electrolytes in Bio-Batteries</i>	Asam amino esensial, Vitamin C, Mineral penting, Fe (Zat besi), Mg (Magnesium), Zn (Seng)	100% daun kelor menghasilkan tegangan 0,51 Volt 50% daun kelor dengan tambahan 50% karbon menghasilkan tegangan sebesar 1,5 Volt 30% daun kelor dengan tambahan 70% karbon menghasilkan 1,5 Volt

Nama Peneliti/Tahun	Judul Jurnal	Kandungan Senyawa	Kapasitas Untuk Bio Baterai
			70% daun kelor dengan tambahan 30% karbon menghasilkan 1,41 Volt
D Therik, Siwindarto, & Susuilo, (2021)	<i>Potential Bio Battery of Moringa Paste (Moringa Oleifera) as a Source Environmentally Friendly Electricity</i>	Asam askorbat (Vitamin C), Protein, Karbohidrat, Kalsium (Ca), Kalium (K), Magnesium (Mg), Zat besi (Fe), Fosfor (P), Zinc (Zn), Tembaga (Cu)	Pasta daun kelor tanpa NaCl menghasilkan tegangan sebesar 0,49 Volt Pasta daun kelor dengan tambahan 20g NaCl dengan rangkaian seri menghasilkan tegangan sebesar 1,25 Volt
			Pasta daun kelor dengan tambahan 20g garam dengan rangkaian paralel menghasilkan tegangan sebesar 1,64 Volt
Rahayu. S. 2025	Pengembangan Program Pembelajaran Energi Terbarukan Dengan Berbasis SSI Terintegrasi PjBL-STEM untuk Meningkatkan <i>Colaborative Problem Solving</i> dan <i>Entrepreneural Skills</i>	-	Daun kelor muri tanpa tambahan NaCl menghasilkan tegangan paling besar 2,6 volt dan arus paling besar 0,15 Ampere Daun kelor dengan tambahan NaCl menghasilkan tegangan paling besar 2,3 volt dan arus paling besar 0,13 Ampere

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa daun kelor mengandung vitamin C, asam organik, dan mineral seperti K^+ , Ca^{2+} , dan Mg^{2+} yang menghasilkan ion H^+ ketika larut dalam air. Ion H^+ inilah yang berperan sebagai akseptor elektron di katoda. Pada anoda, seng mengalami oksidasi melepaskan elektron menurut reaksi

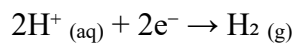
a. Anoda (Zn – oksidasi)

Seng tetap mengalami oksidasi karena adanya medium lembap dari air alami daun kelor:

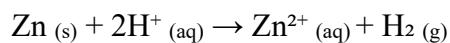


b. Katoda (C – reduksi)

Asam askorbat dan asam organik dalam daun kelor tetap melepaskan sedikit ion H^+ berkat air alami pada jaringan daun. Ion H^+ tersebut menerima elektron di katoda karbon:



c. Reaksi Total



2.1.12 LKPD Berbasis *Project*

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis *project* merupakan bentuk inovasi bahan ajar. LKPD ini dirancang bukan hanya sebagai alat bantu untuk memahami materi, tetapi juga sebagai panduan belajar aktif yang menuntun peserta didik melalui proses penyelesaian suatu *project* secara sistematis. LKPD berbasis *project* yang digunakan dalam penelitian ini diadaptasi dari LKPD berbasis *project* pemanfaatan daun kelor sebagai alternative electricity yang telah dikembangkan oleh Rahayu et al., (2025). Tahapan proyek dalam LKPD meliputi identifikasi masalah, perencanaan langkah kerja, pelaksanaan kegiatan, penyusunan produk, serta refleksi hasil. Melalui tahapan tahapan dalam LKPD, peserta didik tidak hanya menerima informasi secara pasif melainkan membangun pengetahuannya melalui pengalaman belajar langsung.

LKPD berbasis *project* berakar pada teori konstruktivisme sosial yang menekankan pentingnya keterlibatan aktif peserta didik dalam membangun

pengetahuan melalui pengalaman. Guru berperan sebagai fasilitator yang membimbing peserta didik untuk menemukan dan menerapkan konsep secara mandiri melalui kegiatan proyek. Pembelajaran berbasis proyek sendiri memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk mengonstruksi pengetahuannya melalui pengalaman nyata dalam memecahkan masalah kehidupan sehari-hari. Peserta didik diarahkan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi di lingkungan, merancang proyek, serta menemukan solusi secara mandiri maupun kolaboratif (Suryawati, et al 2020). Dengan demikian LKPD berbasis *project* mendukung pembelajaran kontekstual yang berorientasi pada kemampuan peserta didik dalam menemukan solusi atas tantangan yang mereka hadapi di lingkungan sekitarnya.

Dibandingkan dengan LKPD konvensional yang cenderung bersifat instruksional dan berfokus pada penyelesaian soal, LKPD berbasis *project* memiliki karakteristik yang lebih dinamis dan kolaboratif. LKPD ini memberikan ruang bagi peserta didik untuk bekerja sama, berkomunikasi, dan mengambil keputusan selama proses pembelajaran. Menurut Novianto, (2023), LKPD berbasis *project* memungkinkan peserta didik belajar melalui pengalaman langsung dan kontekstual, di mana mereka memiliki kesempatan untuk menerapkan pengetahuan mereka dalam situasi nyata. Dalam hal ini, peserta didik tidak hanya menjadi penerima informasi pasif tetapi juga pencipta pengetahuan aktif yang terlibat dalam menciptakan proyek-proyek yang relevan dengan materi pelajaran.

Dalam implementasinya, LKPD berbasis *project* menuntut perencanaan yang matang dan pengelolaan waktu yang efektif. Keberhasilan pelaksanaan LKPD berbasis *project* juga sangat bergantung pada kemampuan guru dalam memfasilitasi diskusi, memberikan umpan balik, dan menilai hasil kerja peserta didik berdasarkan kriteria yang jelas. Guru harus menempatkan diri sebagai fasilitator yang membimbing dan mendukung peserta didik sepanjang proses proyek, memberikan *scaffolding* saat diperlukan, serta menciptakan lingkungan belajar yang kolaboratif. Dalam pelaksanaannya, guru menggunakan berbagai strategi seperti memberikan tujuan dan panduan proyek yang jelas, menyediakan

kesempatan kolaborasi dan umpan balik antarpeserta didik, serta memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan keterlibatan dan produktivitas belajar peserta didik. (Subiyantoro, 2023)

2.2 Penelitian yang Relevan

Penelitian yang relevan mengenai LKPD berbasis *Project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* untuk melatih kemampuan berpikir kreatif peserta didik disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Penelitian yang Relevan

No.	Nama Peneliti/Tahun	Judul	Hasil Penelitian
1	Fiteriani <i>et al.</i> , 2021	<i>Project-based learning through STEM approach: Is it effective to improve students' creative problem-solving ability and metacognitive skills in physics learning?</i>	Model pembelajaran PjBL dengan pendekatan STEM efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah kreatif dan keterampilan metakognitif peserta didik dalam pembelajaran fisika.
2	AlAli, 2024	<i>Enhancing 21st century skills through integrated stem education using project-oriented problem-based learning</i>	Project-Oriented Problem-Based Learning dalam pendidikan STEM secara efektif meningkatkan keterampilan peserta didik dengan melibatkan mereka dalam pengalaman pemecahan masalah otentik dan nyata melalui pekerjaan proyek.
3	(S. Rahayu <i>et al.</i> , 2025)	<i>Analysis of Teachers' Needs in Renewable Energy Learning Programs Using SSI Integrated with PjBL-STEM to Enhance Collaborative Problem-</i>	Penerapan model PjBL-STEM masih sangat rendah. Sebanyak 76,5% guru belum menerapkannya pada topik energi terbarukan. Guru di provinsi

No.	Nama Peneliti/Tahun	Judul	Hasil Penelitian
		<i>Solving and Entrepreneurial Skills</i>	lampung belum memanfaatkan biogas sebagai alternative energy untuk mengajarkan topik energi terbarukan.
4	Putri <i>et al.</i> , 2025	<i>Integrating seaweed ethnoscience with STEM-PjBL in renewable energy learning: Could this approach develop creativity and entrepreneurial skills?</i>	Diperlukan pengembangan bahan ajar yang sesuai dengan budaya lokal serta pelatihan khusus bagi guru. Langkah ini penting untuk mendukung penerapan model tersebut dalam pembelajaran energi terbarukan dan meningkatkan keterlibatan peserta didik.
5	Purwaningsih <i>et al.</i> , 2020	<i>The Effect of STEM-PjBL and Discovery Learning on Improving Students' Problem-Solving Skills of the Impulse and Momentum Topic</i>	STEM-PjBL lebih efektif daripada <i>discovery learning</i> dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada materi impuls dan momentum.

Berbagai penelitian mengenai PjBL dan STEM telah membuktikan efektivitasnya dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif, namun sebagian besar masih berfokus pada proyek umum dan belum memanfaatkan sumber daya lokal sebagai media pembelajaran. Studi-studi sebelumnya juga menunjukkan bahwa penerapan PjBL-STEM pada topik energi terbarukan masih rendah, dan guru belum banyak menggunakan bahan alam di sekitar sebagai sumber energi alternatif dalam kegiatan pembelajaran. Selain itu, belum ditemukan penelitian yang secara khusus mengembangkan dan menguji efektivitas LKPD berbasis proyek yang memanfaatkan daun kelor sebagai *alternative electricity* untuk melatih kemampuan berpikir kreatif peserta didik. Kondisi ini menunjukkan adanya gap penelitian yang penting untuk diisi melalui penelitian efektivitas LKPD berbasis

proyek pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* untuk melatih kemampuan berpikir kreatif peserta didik.

2.3 Kerangka Pemikiran

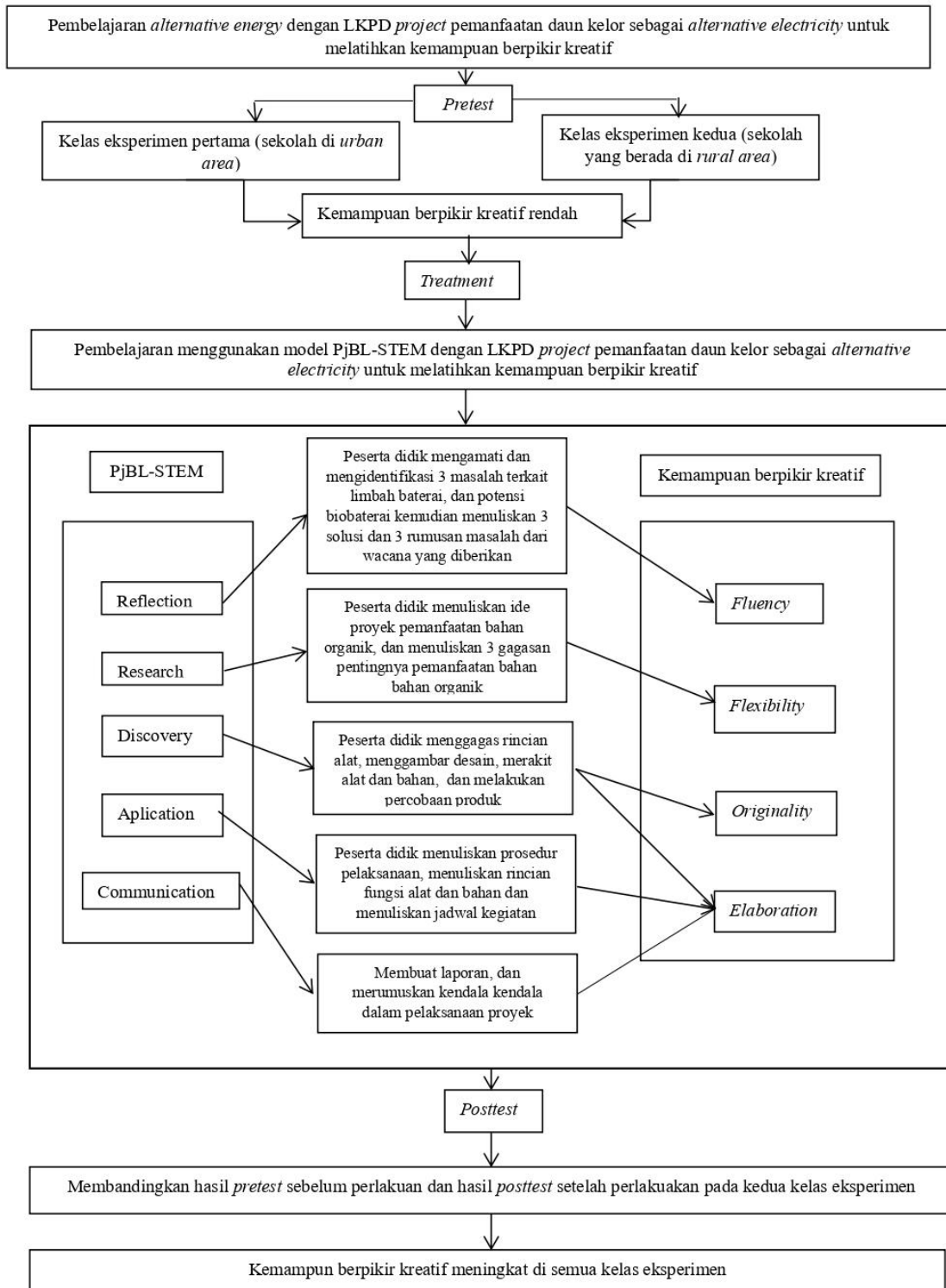
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi dampak penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis *project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* dalam melatih kemampuan berpikir kreatif peserta didik. Penelitian ini melibatkan dua kelas eksperimen yang memiliki karakteristik lingkungan sekolah berbeda, yaitu kelas eksperimen pertama yang berada di wilayah *urban area* dan kelas eksperimen kedua yang berada di wilayah *rural area*. Kedua kelas tersebut menggunakan LKPD berbasis *project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* sebagai sarana pembelajaran yang dirancang untuk melibatkan peserta didik secara aktif serta memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk melatih kemampuan berpikir kreatif melalui kegiatan pembelajaran yang kontekstual.

Sebelum pelaksanaan pembelajaran, kedua kelas eksperimen diberikan *pretest* untuk mengetahui dan mengukur kemampuan awal berpikir kreatif peserta didik. *Pretest* dilakukan sebagai dasar untuk melihat kondisi awal peserta didik sebelum diberikan perlakuan pembelajaran. Hasil pengukuran awal tersebut diduga menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kreatif peserta didik pada kedua kelas masih berada pada kategori rendah, sehingga diperlukan kegiatan pembelajaran yang secara khusus dirancang untuk melatih kemampuan berpikir kreatif. Tahap *treatment* dilaksanakan melalui pembelajaran pada materi *alternative energy* menggunakan LKPD berbasis *project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* dengan menerapkan model pembelajaran PjBL-STEM menurut Laboy-Rush. Tahapan pembelajaran meliputi *reflection, research, discovery, application, dan communication*. Pembelajaran dilaksanakan secara berkelompok untuk mendorong interaksi sosial antarpeserta didik serta mengaktifkan peran peserta didik dalam setiap tahap pembelajaran. Melalui tahapan tersebut, peserta didik diarahkan untuk mengidentifikasi permasalahan,

merumuskan ide, merancang dan melakukan percobaan, serta menyusun dan mengomunikasikan hasil proyek yang dikerjakan.

Selama proses pembelajaran berlangsung, seluruh aktivitas peserta didik dirancang untuk melatih aspek-aspek kemampuan berpikir kreatif yang meliputi *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration*. Tahapan pada sinaks *reflection* dimana peserta didik diarahkan untuk mengamati dan mengidentifikasi 3 masalah terkait limbah baterai, dan potensi biobaterai kemudian menuliskan 3 solusi dan 3 rumusan masalah dari wacana yang diberikan, dari proses pembelajaran pada tahap *reflection* ini indikator kemampuan berpikir kreatif yang dilatihkan adalah *fluency*, pada tahapan sintaks reseach dimana Peserta didik diarahkan unruk menuliskan ide proyek pemanfaatan bahan organik, dan menuliskan 3 gagasan pentingnya pemanfaatan bahan bahan organik, pada tahap ini, indikator kemampuan berpikir kreatif yang dilatihkan adalah *flexibility*. Pada tahapan sintaks *discovery*, dimana peserta didik diarahkan untuk menggagas rincian alat, menggambar desain, merakit alat dan bahan, dan melakukan percobaan produk, pada tahap ini, indikator kemampuan berpikir kreatif yang dilatihkan adalah *originality* dan *elaboration*. Pada tahap sintaks *aplication* dimana peserta didik diarahkan untuk menuliskan prosedur pelaksanaan, menuliskan rincian fungsi alat dan bahan dan menuliskan jadwal kegiatan, pada tahap ini indikator kemampuan berpikir kreatif yang dilatihkan adalah *originality* dan *elaboration*. Terakhir pada tahap *communication* dimana peserta didik diarahkan untuk membuat laporan, dan merumuskan kendala kendala dalam pelaksanaan proyek pada tahap ini indikator kemampuan berpikir kreatif yang dilatihkan adalah *elaboration*.

Setelah rangkaian pembelajaran selesai dilaksanakan, peserta didik pada kedua kelas eksperimen diberikan *posttest* untuk mengetahui perubahan kemampuan berpikir kreatif setelah diberikan perlakuan. Hasil *posttest* kemudian dibandingkan dengan hasil *pretest* untuk melihat dampak penerapan LKPD berbasis *project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* dalam melatih kemampuan berpikir kreatif peserta didik pada kedua kelas eksperimen.



Gambar 1. Bagan Kerangka Pemikiran

2.4 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut.

H_0 : Tidak terdapat perbedaan kemampuan berpikir kreatif peserta didik di wilayah perkotaan dan pedesaan setelah menggunakan LKPD berbasis *Project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity*.

H_1 : Terdapat perbedaan kemampuan berpikir kreatif peserta didik di wilayah perkotaan dan pedesaan setelah menggunakan LKPD berbasis *Project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity*.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan di SMA Negeri 1 Kalianda dan SMA Negeri 1 Sragi, yang berlokasi di Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026 yakni pada tanggal 4 November 2025 sampai tanggal 3 Desember 2025.

3.2 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi pada penelitian ini yaitu seluruh peserta didik kelas X SMA Negeri 1 Kalianda dan seluruh peserta didik kelas X SMA Negeri 1 Sragi semester 1 pada tahun ajaran 2025/2026. Metode pengambilan sampel yang digunakan adalah teknik *purposive sampling*, dengan pengambilan sampel berdasarkan kriteria yaitu untuk kelas eksperimen pertama merupakan kelas dari sekolah yang berada di *urban area* atau daerah dengan populasi padat atau biasa disebut dengan daerah perkotaan di kabupaten Lampung Selatan dan kelas eksperimen kedua adalah kelas dari sekolah yang berada di *rural area* atau daerah dengan penduduk relatif sedikit atau biasa dikenal dengan daerah pedesaan di kabupaten Lampung Selatan. Penelitian ini menggunakan 2 kelas, yaitu kelas X Merdeka 2 di SMA N 1 Kalianda sebagai sekolah yang berada di *urban area* sebagai kelas eksperimen pertama dan kelas X Merdeka 1 di SMA N 1 Sragi sebagai sekolah yang berada di *rural area* sebagai kelas eksperimen kedua.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini terdiri dari dua variabel, yakni variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas (X) adalah variabel yang mempengaruhi variabel terikat (Y). Variabel bebas pada penelitian ini yaitu LKPD berbasis *Project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* dan variabel terikat penelitian yakni kemampuan berpikir kreatif.

3.4 Desain Penelitian

Desain penelitian ini adalah penelitian *mixed method* dengan *embedded design*. *Mixed method* merupakan metode penelitian yang menggabungkan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Pada penelitian ini, pendekatan kuantitatif digunakan sebagai metode utama untuk menguji hipotesis dengan mengamati pengaruh perlakuan terhadap kemampuan berpikir kreatif peserta didik, sedangkan pendekatan kualitatif digunakan sebagai data pendukung untuk membantu menjelaskan hasil yang diperoleh. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan *pre-experimental design*, dengan bentuk desain *one group pretest-posttest*. Oleh karena itu, sampel penelitian diberi perlakuan menggunakan LKPD berbasis *project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* untuk melatih kemampuan berpikir kreatif. Hasil *pretest* dan *posttest* dianalisis menggunakan uji statistik, sedangkan data kualitatif diperoleh melalui observasi selama proses pembelajaran untuk memperjelas hasil penelitian. Penelitian ini melibatkan dua kelompok eksperimen yang berbeda dengan perlakuan yang sama. Hal ini dilakukan untuk melihat apakah LKPD yang digunakan efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif peserta didik pada masing-masing kelas, meskipun berada pada lokasi sekolah yang berbeda. Menurut Creswell & Creswell (2018) Secara umum rancangan penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Desain Penelitian

Kelas	Pre test	Perlakuan	Post test
Eksperimen	O_1	X	O_2

(Creswell & Creswell, 2018)

Keterangan:

X : *Treatment* pada kelas eksperimen (pembelajaran energi terbarukan menggunakan LKPD berbasis *Project* pemanfaatan daun kelor dengan model PjBL-STEM).

O_1 : Tes kemampuan berpikir kreatif awal (*pre test*) kelas eksperimen

O_2 : Tes kemampuan berpikir kreatif akhir (*post test*) kelas eksperimen

Berikut ini adalah desain penelitian pada kelas eksperimen dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Desain Penelitian pada Kelas Eksperimen

<i>O₁</i>	X	Aktivitas		Indikator Kemampuan berpikir kreatif	<i>O₂</i>
		Guru	Peserta Didik		
<i>Pretest</i> Kemampuan berpikir kreatif rendah	<i>Reflection</i>	<ol style="list-style-type: none"> Menyajikan data, teks, atau gambar tentang dampak limbah baterai terhadap lingkungan dan mengarahkan peserta didik untuk memperhatikan permasalahan lingkungan yang berkaitan dengan limbah baterai 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 limbah baterai dengan memanfaatkan bahan 	<ol style="list-style-type: none"> Mengamati permasalahan limbah limbah baterai Mengidentifikasi tiga pokok masalah yang berkaitan dengan limbah baterai. Menyusun tiga rumusan masalah berdasarkan kondisi yang ditemukan. Menuliskan tiga gagasan proyek yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah limbah baterai dengan memanfaatkan bahan organik khususnya daun kelor 	<i>Fluency (Kelancaran)</i> <ol style="list-style-type: none"> Mengidentifikasi tiga pokok masalah yang berkaitan dengan limbah baterai Menyusun tiga rumusan masalah berdasarkan kondisi yang ditemukan. Menuliskan tiga gagasan proyek yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah limbah baterai dengan memanfaatkan bahan organik khususnya daun kelor 	<i>Posttest</i> Terdapat peningkatan kemampuan berpikir kreatif

O_1	X	Aktivitas		Indikator Kemampuan berpikir kreatif	O_2
		Guru	Peserta Didik		
		bahan organik khususnya daun kelor.			
	<i>Research</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membimbing pencarian informasi dari berbagai sumber (buku, jurnal, internet, video, dll) 2. Memberikan arahan untuk mencatat informasi yang telah didapat. 3. Membimbing peserta didik untuk menyusun tiga gagasan tentang tujuan yang akan dicapai melalui proyek. yang akan dibuat terkait pemanfaatan daun kelor. 4. Membimbing peserta didik menuliskan tiga gagasan mengenai pentingnya pelaksanaan proyek yang akan dibuat terkait pemanfaatan daun kelor 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mencari informasi dari berbagai sumber mengenai pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i>. 2. Mencatat informasi penting yang telah didapat 3. Menyusun tiga gagasan tentang tujuan yang akan dicapai melalui proyek yang akan dibuat terkait pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i> 4. Menuliskan tiga gagasan mengenai pentingnya pelaksanaan proyek yang akan dibuat terkait pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i> 	<i>Flexibility</i> (Keluwesan) <ol style="list-style-type: none"> 1. Menyusun tiga gagasan tentang tujuan yang akan dicapai melalui proyek yang akan dibuat terkait pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i>. 2. Menuliskan tiga gagasan mengenai pentingnya pelaksanaan proyek yang akan dibuat terkait pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i>. 	
	<i>Discovery</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membagi peserta didik ke dalam kelompok kecil untuk mendiskusikan ide proyek yang dapat 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Berdiskusi dalam kelompok kecil untuk merumuskan ide proyek yang dapat menjadi solusi 	<i>Elaboration</i> (Elaborasi) dan <i>Originality</i> (Keaslian)	

O_1	X	Aktivitas		Indikator Kemampuan berpikir kreatif	O_2
		Guru	Peserta Didik		
		menjawab permasalahan limbah baterai dengan memanfaatkan daun kelor sebagai alternative electricity.	dari permasalahan limbah organik yaitu dengan memanfaatkan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i> .	1. Menyusun rincian alat dan bahan yang berbeda dari kebiasaan umum dalam pelaksanaan suatu proyek pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i> .	
		2. Membagikan e-LKPD kepada peserta didik	2. Menggunakan e-LKPD sebagai panduan dalam menyusun rancangan proyek secara terstruktur.	2. Menuliskan gagasan tentang variasi komposisi atau kombinasi bahan yang berbeda dalam suatu proyek pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i> .	
		3. Membimbing peserta didik menggagas rincian fungsi alat dan bahan yang diperlukan dalam suatu proyek pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i> .	3. Menyusun rincian alat dan bahan yang berbeda dalam pelaksanaan suatu proyek pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i> .	3. Menggambarkan desain proyek dengan menggunakan alat atau cara yang belum umum digunakan mengenai pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i> .	
		4. Membimbing peserta didik untuk menuliskan uraian prosedur pelaksanaan proyek secara rinci mengenai pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i> .	4. Menuliskan gagasan tentang variasi komposisi atau kombinasi bahan yang berbeda dalam suatu proyek pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i> .	4. Menyusun uraian prosedur yang berbeda dari proyek pada umumnya	
		5. Membimbing peserta didik menjelaskan fungsi dan kegunaan setiap komponen yang terdapat pada rancangan proyek mengenai pemanfaatan	5. Menggambarkan desain proyek dengan menggunakan alat atau cara yang belum umum digunakan mengenai pemanfaatan daun kelor		

O_1	X	Aktivitas		Indikator Kemampuan berpikir kreatif	O_2
		Guru	Peserta Didik		
		daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i> .	sebagai <i>alternative electricity</i> .	5. Menuliskan gagasan tentang pembagian tugas dalam kelompok proyek disertai deskripsi peran setiap anggota	
		6. Membimbing peserta didik menyusun rincian alat dan bahan yang berbeda dari kebiasaan umum dalam pelaksanaan suatu proyek	6. Menyusun uraian prosedur yang berbeda dari proyek pada umumnya		
		7. Membimbing menuliskan gagasan tentang variasi komposisi atau kombinasi bahan yang berbeda dalam suatu proyek	7. Menuliskan gagasan tentang pembagian tugas dalam kelompok proyek disertai deskripsi peran setiap anggota		
		8. Membimbing peserta didik menggambarkan desain proyek dengan menggunakan alat atau cara yang belum umum digunakan untuk proyek pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i>			
		9. Membimbing peserta didik menyusun uraian prosedur yang berbeda dari proyek pada umumnya pemanfaatan			

O_1	X	Aktivitas		Indikator Kemampuan berpikir kreatif	O_2
		Guru	Peserta Didik		
		4. Membimbing peserta didik melaksanakan praktik proyek untuk membuktikan keberhasilan produk atau hasil kerja	6. Menyusun laporan secara sistematis berdasarkan hasil dari pelaksanaan proyek pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i> .	keberhasilan produk atau	
		5. Membimbing peserta didik mendokumentasikan setiap tahapan pelaksanaan proyek pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i>	7. Merumuskan kendala-kendala yang dihadapi selama proses pelaksanaan proyek pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i> .	5. Mendokumentasikan setiap tahapan pelaksanaan proyek pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i> .	
		6. Membimbing peserta didik menyusun laporan secara sistematis berdasarkan hasil dari pelaksanaan proyek pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i>		6. Menyusun laporan secara sistematis berdasarkan hasil dari pelaksanaan proyek pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i> .	
		7. Membimbing peserta didik merumuskan kendala-kendala yang dihadapi selama proses pelaksanaan proyek pemanfaatan daun kelor		7. Merumuskan kendala-kendala yang dihadapi selama proses pelaksanaan proyek pemanfaatan daun kelor sebagai <i>alternative electricity</i> .	

O_1	X	Aktivitas		Indikator Kemampuan berpikir kreatif	O_2
		Guru	Peserta Didik		
		sebagai <i>alternative electricity</i>			
	<i>Communication</i> Mempresen hasil proyek dan menerima umpan balik dari guru atau teman.	<ol style="list-style-type: none"> 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 	<ol style="list-style-type: none"> 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) <ol style="list-style-type: none"> 1. Menyajikan hasil proyek dalam presentasi 2. Memaparkan hasil proyek yang telah diuji melalui presentasi 3. Menyampaikan pertanyaan atau argument kepada kelompok yang presentasi 	

3.5 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan dengan 3 tahap, yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap akhir. Berikut ini penjelasan dari setiap tahap.

1. Tahap Persiapan

Kegiatan yang dilakukan pada tahap persiapan adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan studi literatur mengenai model PjBL STEM, kemampuan berpikir kreatif, kurikulum yang digunakan serta pokok bahasan atau topik yang akan digunakan dalam penelitian.
- b. Meminta izin untuk melakukan penelitian di SMA Negeri 1 Kalianda dan SMA Negeri 1 Sragi.
- c. Menentukan kelas yang digunakan untuk sampel penelitian dan waktu pelaksanaan penelitian.
- d. Merancang perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian.

2. Tahap Pelaksanaan

Kegiatan yang dilakukan pada kedua kelas eksperimen pada tahap pelaksanaan dapat dilihat sebagai berikut.

- a. Memberikan soal *pretest* untuk mengukur kemampuan berpikir kreatif awal pada peserta didik sebelum diberikan *treatment*.
- b. Memberikan *treatment* kepada peserta didik dengan menggunakan LKPD berbasis *project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alterntive electricity*.
- c. Memberikan tes akhir berupa *posttest* untuk mengukur peningkatan keterampilan berpikir kreatif peserta didik.

3. Tahap Akhir

Kegiatan yang telah dilakukan pada tahap akhir penelitian yaitu sebagai berikut:

- a. Mengolah data hasil *pre test* and *post test*.
- b. Membandingkan hasil analisis data instrumen tes sebelum diberi perlakuan dan setelah diberi perlakuan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan kemampuan berpikir kreatif peserta didik sebelum dan sesudah penggunaan LKPD berbasis *project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative elctricity*.

- c. Memberikan Kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh melalui analisis data.

3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu lembar test kemampuan berpikir kreatif, lembar tes ini diterapkan baik pada *pretest* maupun *posttest*, memiliki format soal esai dengan butir-butir pertanyaan yang dirancang berdasarkan indikator kemampuan berpikir kreatif menurut Torrence (2018). Tes ini dilakukan dengan tujuan mengukur kemampuan berpikir kreatif peserta didik sebelum serta sesudah diberikan perlakuan. Soal-soal *essay* dirancang untuk mencakup indikator berpikir kreatif yang menjadi fokus penelitian. Dengan menggunakan lembar tes ini pada kedua waktu pengukuran (*pretest* dan *posttest*), peneliti dapat melihat dan menganalisis peningkatan kemampuan berpikir kreatif peserta didik sebagai hasil dari penggunaan LKPD berbasis *Project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* dalam pembelajaran.

3.7 Analisis Instrumen Penelitian

Sebelum instrumen dipakai dalam sampel, instrumen telah diuji terlebih dahulu dengan menggunakan uji validitas dan uji reliabilitas dengan menggunakan program *IBM SPSS Statistics 27.0*.

3.7.1 Uji Validitas

Uji validitas dilakukan untuk mendapatkan data yang valid, instrumen atau alat ukur untuk mengevaluasinya harus valid. Pengujian validitas suatu instrumen menggunakan SPSS versi 25.0 dengan metode *pearson correlation*, sebagai berikut:

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

Keterangan:

r : Koefisien korelasi pearson

N : Banyak pasangan nilai X dan Y

$\sum XY$: Jumlah dari hasil kali nilai X dan nilai Y

$\sum X$: Jumlah nilai X

$\sum Y$: Jumlah nilai Y

$\sum X^2$: Jumlah dari kuadrat nilai X

$\sum Y^2$: Jumlah dari kuadrat nilai Y

Validnya data dapat dilihat jika $r_{hitung} \geq r_{tabel}$ dengan taraf signifikan (5% = 0,05) maka dapat dikatakan bahwa instrumen valid, sedangkan jika $r_{hitung} < r_{tabel}$ maka instrumen dikatakan tidak valid. Interpretasi rentang validitas butir soal dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Interpretasi Validitas

Nilai r_{hitung}	Interpretasi Validitas
0,800 – 1,00	Sangat tinggi
0,600 – 0,790	Tinggi
0,400 – 0,590	Sedang
0,200 – 0,390	Rendah
0,00 – 0,190	Sangat Rendah

(Arikunto, 2011)

Uji validitas soal dalam penelitian ini diolah menggunakan SPSS versi 27.0. berikut merupakan hasil uji validitas instrumen tes kemampuan berpikir kreatif pada materi energi alternatif yang dapat dilihat pada Tabel 8 dan secara lengkap pada lampiran halaman 142.

Tabel 8. Hasil Uji Validitas Kemampuan Berpikir Kreatif

Nomor Soal	Person Coleration	Interpretasi
1	0.521	Valid
2	0.559	Valid
3	0.818	Sangat Valid
4	0.754	Valid
5	0.798	Valid

Kriteria pengujian didasarkan pada hasil nilai Pearson Correlation yang dibandingkan dengan besaran nilai r_{Tabel} yaitu sebesar 0,312. Berdasarkan hasil uji validitas instrumen instrumen tes kemampuan berpikir kreatif pada materi energi alternatif diketahui bahwa 5 butir soal semuanya valid dengan nilai Pearson Correlation $> 0,312$.

3.7.2 Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas digunakan untuk melihat reliabel atau tidaknya instrumen atau alat ukur yang digunakan dalam penelitian. Instrumen yang reliabel merupakan instrumen yang digunakan untuk mengukur obyek yang sama beberapa kali dengan hasil data yang sama. Untuk mencari reliabilitas instrumen dapat menggunakan rumus *alpha cronbach*, sebagai berikut:

$$r_{ii} = \left(\frac{k}{(k-1)} \right) \left(1 - \frac{\sum \sigma^2}{(\sigma^2_1)} \right)$$

Keterangan:

r_{ii} : Reliabilitas instrumen

k : Jumlah butir pertanyaan

$\sum \sigma^2$: Jumlah varians butir

σ^2_1 : varians total

Uji reliabilitas dilakukan agar dapat menunjukkan sejauh mana instrumen cukup dapat dipercaya untuk digunakan sebagai alat pengumpul data penelitian. Ukuran instrumen dinyatakan reliabel yang dapat diinterpretasikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Klasifikasi Reliabilitas

Nilai r_{ii}	Interpretasi Reliabilitas
0,90 – 1,00	Sangat Tinggi
0,70 – 0,90	Tinggi
0,40 – 0,70	Sedang
0,20 – 0,40	Rendah
$< 0,20$	Sangat rendah

(Arikunto, 2011)

Uji reliabilitas soal dalam penelitian ini diolah menggunakan SPSS versi 27.0. Berikut merupakan hasil uji reliabilitas instrumen tes kemampuan berpikir kreatif pada materi energi alternatif yang dapat dilihat pada Tabel 10 dan secara lengkap pada lampiran halaman 143.

Tabel 10. Hasil uji reliabilitas soal kemampuan berpikir kreatif

Cronbachs Alpha	Jumlah item	Interpretasi
0.725	5	Reliabel kategori tinggi

Uji reliabilitas dilaksanakan dengan melibatkan 40 responden dan menggunakan 5 butir soal. Dalam penelitian ini, reliabilitas instrumen soal dianalisis dengan model pengujian Cronbach Alpha. Hasil statistik reliabilitas dari pengujian Cronbach Alpha menunjukkan bahwa reliabilitas instrumen soal kemampuan berpikir kreatif pada materi energi alternatif mencapai angka 0.725, yang berarti instrumen tersebut dapat dianggap reliabel.

3.8 Teknik Pengumpulan Data

3.8.1 Teknik Pengumpulan Data Kemampuan Berpikir Kreatif

Teknik pengumpulan data kemampuan berpikir kreatif peserta didik dilakukan dengan cara tes tertulis berupa soal *essay*. Tes tertulis diberikan kepada peserta didik pada saat *pre test* dan *post test* dengan soal yang sama. Selanjutnya, diperoleh nilai rata-rata *N-gain* yang bertujuan untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kreatif peserta didik pada kelas eksperimen sebelum dan sesudah menggunakan LKPD berbasis *project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity*. Penilaian ini menggunakan rumus sebagai berikut.

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

3.8.2 Analisis keterlaksanaan LKPD

Data analisis mengenai keterlaksanaan LKPD diperoleh dari rata-rata penilaian yang diberikan pada LKPD yang telah dikerjakan oleh peserta didik. Hasil penilaian tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode analisis persentase, sesuai dengan yang diungkapkan oleh Arikunto (2011).

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

Hasil persentase dari data penilaian yang diperoleh dikonversi menggunakan kriteria yang diadaptasi dari Arikunto (2011), yang dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Kriteria Hasil Persentase dari Data Penilaian

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)

3.9 Teknik Analisis Data

3.9.1 N-Gain

Data kuantitatif hasil *pre test* dan *post test* yang menunjukkan nilai kemampuan berpikir kreatif peserta didik, data dianalisis menggunakan *N-gain* untuk mengetahui hal tersebut menggunakan rumus sebagai berikut.

$$(g) = \frac{\text{posttest} - \text{pretest}}{\text{skor maksimum} - \text{pretest}}$$

Hasil perhitungan *N-gain* diinterpretasikan dengan menggunakan kriteria menurut Meltzer (2002), seperti Tabel 12.

Tabel 12. Kriteria N-gain

Batasan	Kriteria
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,7 > g > 0,3$	Sedang
$g \leq 0,3$	Rendah

(Meltzer, 2002)

3.9.2 Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk menentukan data dari penelitian telah berdistribusi normal atau tidak. Pengambilan ini menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov* pada SPSS 25.0 yang dapat dihitung berdasarkan nilai signifikansi dan probabilitas, dengan ketentuan:

- a. Jika H_0 : Data berdistribusi normal.
- b. Jika H_1 : Data tidak berdistribusi normal.

Dasar pengambilan keputusan, jika nilai $Sig \leq 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima atau dapat dikatakan data terdistribusi tidak normal, sedangkan jika nilai $Sig > 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak atau dapat dikatakan data nilai terdistribusi normal.

3.9.3 Uji Homogenitas

Uji Homogenitas menggunakan SPSS *Statistics* 25.0 digunakan untuk mengetahui tingkat homogen dari sampel yakni sebagai berikut.

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$, yakni data kemampuan berpikir kreatif peserta didik memiliki *varians* yang homogen.

$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$, yakni data kemampuan berpikir kreatif peserta didik memiliki *varians* yang tidak homogen.

Dasar pengambilan keputusan, jika $Sig > 0,05$ maka H_0 diterima atau kedua kelas homogen. Jika $sig < 0,05$ maka H_0 ditolak atau kedua kelas tidak homogen

3.9.4 Uji Hipotesis

Uji hipotesis dilakukan untuk melihat perbedaan rata-rata dari kedua kelompok. Uji ini akan digunakan untuk mengetahui pengaruh penerapan LKPD berbasis *project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* dengan model PjBL-STEM terhadap kemampuan berpikir kreatif pada topik energi terbarukan. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa data normal dan homogen sehingga selanjutnya dilakukan uji hipotesis *parametrik*, yaitu uji *Paired sample t-test*.

3.9.4.1 Uji *Paired sample t-test*

Paired sample t-test dilakukan dengan menghitung perbedaan nilai antara dua variabel pada setiap pasangan data, kemudian menguji apakah rata-rata perbedaan tersebut sama dengan nol. Uji t sampel berpasangan digunakan ketika data pada tiap pasangan berada dalam skala interval atau rasio serta mengikuti distribusi normal. digunakan sampel data yang berdistribusi normal. Uji hipotesis ini bertujuan untuk menentukan ada atau tidaknya perbedaan nilai rata-rata antara dua kelompok yang saling berpasangan sebelum dan sesudah diberikan perlakuan (*treatment*). Hipotesis yang diujikan dengan Uji *Paired sample t-test* sebagai berikut.

1) Rumusan hipotesis

H_0 : Tidak terdapat perbedaan kemampuan berpikir kreatif terhadap kemampuan awal peserta didik setelah menggunakan LKPD berbasis *Project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity*.

H_1 : Terdapat perbedaan kemampuan berpikir kreatif terhadap kemampuan awal peserta didik setelah menggunakan LKPD berbasis *Project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity*.

2) Pengambilan keputusan

H_0 ditolak jika $\text{sig} < \alpha$ dan sebaliknya, H_0 diterima jika $\text{sig} > \alpha$ dan sebaliknya, dengan menggunakan taraf signifikansi $\alpha = 0,0$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis penelitian, dapat disimpulkan bahwa LKPD berbasis *Project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* efektif dalam melatih kemampuan berpikir kreatif peserta didik pada sekolah yang berada di wilayah urban maupun rural. Hal ini didasarkan pada hasil uji *paired sample t-test* yang menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,001 pada kedua kelas eksperimen, sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan berpikir kreatif peserta didik sebelum dan sesudah pembelajaran. Efektivitas tersebut didukung oleh hasil analisis N-Gain yang menunjukkan adanya peningkatan kemampuan berpikir kreatif pada kedua kelompok, dengan nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,65 pada kelas eksperimen di wilayah urban dan 0,69 pada kelas eksperimen di wilayah rural, yang keduanya berada dalam kategori sedang. Selain itu, keterlaksanaan pembelajaran yang mencapai skor 93,65 dengan kategori sangat baik turut memperkuat bahwa proses pembelajaran menggunakan LKPD berbasis *Project* dapat berjalan secara optimal. Dengan demikian, LKPD berbasis *Project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* efektif dalam melatih kemampuan berpikir kreatif peserta didik pada kedua karakteristik lingkungan tersebut.

5.2 Saran

Penelitian yang telah dilaksanakan memberikan fakta-fakta mengenai kemampuan berpikir kreatif pada peserta didik dengan materi energi alternatif di SMAN 1 Kalianda dan SMAN 1 Sragi yang berlokasi di kabupaten Lampung Selatan.

Namun dari hasil tersebut dan dari segi penelitian, dapat dikatakan masih terdapat hal-hal yang dapat dilakukan oleh peneliti selanjutnya, maka peneliti memberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Peneliti selanjutnya diharapkan dapat melakukan penelitian lebih lanjut mengenai LKPD berbasis *project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* di sekolah dengan karakteristik yang berbeda.
2. Peneliti selanjutnya juga diharapkan dapat melakukan penelitian lain mengenai pemanfaatan bahan-bahan organik lain yang dapat dimanfaatkan sebagai biobaterai untuk mengajarkan materi energi alternatif khususnya *alternative electricity*.
3. Peneliti selanjutnya diharapkan dapat mengkaji pengaruh penggunaan LKPD berbasis *project* pemanfaatan daun kelor sebagai *alternative electricity* terhadap kemampuan lain.
4. Peneliti selanjutnya diharapkan menggunakan metode pengumpulan data yang lebih beragam dalam mengukur kemampuan berpikir kreatif peserta didik, seperti wawancara yang tersistematis, observasi atau analisis portofolio proyek sehingga diperoleh data yang lebih mendalam mengenai kemampuan berpikir kreatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeleke, A. T., Odunaike, R. K., Alausa, S. K., Olayiwola, I. O., Talabi, A. T., Adeniji, Q. A., & Adeniyi, A. C. (2024). Heavy Metals Analysis and Physicochemical Characterization of Groundwater at a Battery Recycling Site in South-western Nigeria. *Tanzania Journal of Science*, 49(5), 1097–
- Afryani, M., Jannah, M., & Nasir, M. (2021). Meta Analisis Kesulitan Peserta Didik dalam Menyelesaikan Soal-Soal Cerita Fisika Menurut Teori Polya, 7(2), 41–48.
- Alabbasi, A. M. A., Paek, S. H., Kim, D., & Cramond, B. (2022). What do educators need to know about the Torrance Tests of Creative Thinking : A comprehensive review, (October), 1–14.
- AlAli, R. (2024). Enhancing 21St Century Skills Through Integrated Stem Education Using Project-Oriented Problem-Based Learning. *Geojournal of Tourism and Geosites* , 53(2), 421–430.
- Alexander, Yudha Abimantara Feliza, Paramitha Sinaga Katherine, P. (2024). The Influence Of Digital Literacy On Students Problem Solving Ability In Physics Subjects. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(2), 155–164.
- An, H., Sung, W., & Yoon, S. (2022). Hands - on , Minds - on , Hearts - on , Social - on : A Collaborative Maker Project Integrating Arts in a Synchronous Online Environment for Teachers. *TechTrends*, 590–606.
- Arikunto. (2011). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Bagaria, O., Kumar, G., Sharma, M., & Saini, R. (2022). A Study on Creativity, Innovation, and Knowledge. *World Journal of English Language*, 12(3), 55–63.
- Biases, C., Fahoum, N., Pick, H., & Ivancovsky, T. (2022). brain sciences Free Your Mind : Creative Thinking Contributes to Overcoming. *Brain Science*, 12(1566).

- Bozkurt, E., & Sema, A. (2020). Concepts of creativity in design based learning in STEM education. *International Journal of Technology and Design Education*, 7(2), 41–48.
- Brandt, W. C., & Lorié, W. (2024). Measuring Student Success Skills: A Review of the Literature on Analytical Thinking. Competencies of the Future. *National Center for the Improvement of Educational Assessment*, 13(1), 61–75.
- Calic, G., Mosakowski, E., Bontis, N., Helie, S., Calic, G., Mosakowski, E., Calic, G. (2020). Is maximising creativity good? The importance of elaboration and internal confidence in producing creative ideas confidence in producing creative ideas. *Knowledge Management Research & Practice*, 00(00), 1–16.
- Çalışkan, Ç., & The, M. (2025). The Impact of Cognitive Flexibility and Classroom Engagement on High School Students' Creative Problem - Solving Skills To cite this article : The Impact of Cognitive Flexibility and Classroom Engagement on High School Students' Creative Problem - Solving. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST)*, 13(1), 61–75.
- Charistwardana, M., Pramuditha, renanda aprilia putri, & ngadiwiyanana. (2025). Electrochemical Characteristics of Umbrella Peel Waste as Liquid Electrolyte for Zn-Cu Biobattery. *Applied Science and Engineering progress*. 53(2), 421–430.
- Chigbu, B. I. (2024). Advancing sustainable development through circular economy and skill development in EV lithium-ion battery recycling: a comprehensive review. *Frontiers in Sustainability*, 5(6), 1–16.
- Cho, M. K., & Kim, M. K. (2020). Investigating Elementary Students' Problem Solving and Teacher Scaffolding in Solving an Ill-Structured Problem To cite this article : Investigating Elementary Students' Problem Solving and Teacher Scaffolding in Solving an Ill-Structured Problem. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology (IJEMST)*, 8(4), 274–289.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE (fifth edit). Los Angeles: SAGE.
- D Therik, J. W., Siwindarto, P., & Susuilo, A. (2021). Potential Bio Battery Of Moringa Paste (Moringa Oleifera) As A Source Environmentally Friendly Electricity. *Volatiles & Essent. Oils*, 8(4), 3625–3641.
- Daniel, H. P., Kang, M. C., & Oladele, A. O. (2018). Potential Environmental and Human Health Impacts of Rechargeable Lithium Batteries in Electronic Waste Daniel. *Environ Sci Technol*, 47(10), 5495–5503.

- Do, H., Do, B. N., & Nguyen, M. H. (2023). How do constructivism learning environments generate better motivation and learning strategies? The Design Science Approach. *Heliyon*, 9(12), 22862.
- Endah, E., Ahmad, A., Rahayu, D., Intan, D., & Santika, T. A. (2023). Education and Learning Journal. | *ANTHOR: Education and Learning Journal*, 1(3), 171–179.
- Ernadya, R. C., Martini, & Aris, R. P. (2022). Analisis Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Smp Terhadap Konsep Pencemaran Lingkungan Ditinjau Dari Perbedaan Gender, *Pensa e-Jurnal: Pendidikan Sains* 10(1), 8–15.
- Farid, M. G., Wiyatmo, Y., & Utami, A. (2025). How Do Science Teachers Implement Problem-Based Learning to Foster Student's Creative Thinking Skills? A Case Study in Middle Schools. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 26(2), 779–795.
- Febriani, M. Skenario Implementasi Kebijakan dalam Mendukung Formalisasi Sistem Rantai Pasok Limbah Lithium-Ion Battery di Indonesia (2025).
- Fiteriani, I., Diani, R., Hamidah, A., & Anwar, C. (2021). Project-based learning through STEM approach: Is it effective to improve students' creative problem-solving ability and metacognitive skills in physics learning? *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1796(1).
- Forti, V. (2020). *First Dutch Battery Flows Monitor*. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted by the SCYCLE Programme, Bonn
- Gustafsson, J. A. (2024). Curriculum Development Based on Constructivism Learning Theory. *Jurnal Ar Ro 'is Mandalika (Armada)*, 1(3), 171–179.
- Husna, E. F., Adlim, M., Gani, A., Syukri, M., & Iqbal, M. (2020). Developing STEM-Based Student Worksheet to Improve Students' Creativity and Motivation of Learning Science. *Scientiae Educatia*, 9(1), 57.
- I Made Era, W., & Fransiska, H. (2022). Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa SMP Menggunakan Teknik Profokasi pada Materi Pemanasan Global Model Pembelajaran Problem Based Learning. *Sciencing : Science Learning Journal*, 3(2), 125–133.
- Intan, M., Sri, R., & Fauziatul, F. (2019). Pengaruh Pembelajaran Inkuiri Berkontekssocioscientific-Issues Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Danscientific Explanation. *Jurnal Kependidikan*, 3(1), 53–68.

- Jahring, Wilda, P., & Nasruddin. (2025). Di balik angka: menggali kemampuan berpikir kreatif siswa dalam menyelesaikan soal hots. *Jurnal Karya Pendidikan Matematika Universitas Muhammadiyah Semarang*, 12(2), 123–128.
- Jannah, A. M. (2025). Efforts to Improve Creative Thinking Skills and Communication Skills Through the Application of Project Based Learning Models, *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. 11(3), 380–384
- Kardoyo. Ahmad Nurkhin. Muhsin. Hengky Pramusinto. (2019). European Journal of Educational Research. *European Journal of Educational Research*, 9(3), 1141–1150.
- Karunarathne, W., & Calma, A. (2024). Studies in Higher Education Assessing creative thinking skills in higher education : deficits and improvements, *Studies in Higher Education* 49 (1) 157-177.
- Kuswanto, H., & Salim, E. (2025). Systematic Literature Review : Problem-Solving Skills in Physics Learning, *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA* 11(3), 50–57.
- laboy-rush. (2021). Integrated STEM education through game-based learning, 2238–2242.
- Lee, M. Y., & Lee, J. S. (2025). Project-Based Learning as a Catalyst for Integrated STEM Education, *Education Science* 15(7), 871.
- Li, C., Gonzales, S., & Martinez, I. (2025). Experience-Based Learning Model to Increase Student Creativity, *Al-Hijr: Journal of Adulearn World*, 3(4), 494-504.
- Lu, P., & Xu, Z. (2025). Students ' Creative Thinking Cultivation in Senior High School English Teaching in the Context of “ Internet + ,” *Open Journal of Social Sciences*, 13, 459- 477.
- Lutfin, N. A., Barat, U. S., & Masalah, K. P. (2022). The Correlation Between Creative Thinking Skill To Physics Problem-Solving Ability, *Jurnal Fisika dan Pembelajarannya (PHYDAGOGIC)* 5(1).
- Magdalena, I., Sundari, T., Nurkamilah, S., Ayu Amalia, D., & Muhammadiyah Tangerang, U. (2020). Analisi Bahan Ajar. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Sosial*, 2(2), 311–326.
- Mashelin Wulandari, Edna Virginia Rodriguez, S. A. (2024). Edufisika : Jurnal Pendidikan Fisika Volume 9 Number 1 , April 2024, 9(1), 117–122.

- Maysiska Ruci, Huda, C., & Suneki, S. (2023). Implementasi Lkpd Berbasis Saintifik Untuk Membangun Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Sd. *Didaktik : Jurnal Ilmiah PGSD STKIP Subang*, 9(2), 2808–2822.
- McCuen, R. H. (2023). Critical Thinking, Idea Innovation, and Creativity. *Critical Thinking, Idea Innovation, and Creativity*, 1–314.
- Meacham, J. A. (1989). Problem Solving. New York. Praeger
- Meltzer, D. E. (2002). The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gains in physics : A possible ““ hidden variable ”” in diagnostic pretest scores, 1259–1268.
- Mohamed Hashim, M. A., Tlemsani, I., & Matthews, R. (2022). Higher education strategy in digital transformation. *Education and Information Technologies*, 27(8), 3171–3195.
- Mutiasari, A., Adha, M. M., Nugraheni, I. L., & Wahyudi, A. (2026). Jurnal Teknologi Pendidikan : Constructivist Learning Models Based on LKPD to Enhance Higher Order Thinking Skills : A Systematic Literature Review Jurnal Teknologi Pendidikan : *Jurnal Teknologi Pendidikan: Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pembelajaran*, 11(1), 114–123.
- Nasution, M. (2021). Mengaplikasikan Sel Volta Dalam Pembuatan Baterai Sebagai Penyimpa Energi. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 6(3), 152–154.
- Nikitin, A., Káčovský, P., Sn, M., Chvál, M., & Houfková, J. (2025). Physics demonstrations , science show , or hands-on practical work ? Exploring students ’ intrinsic motivation, *Physical Review Physics Education Research* 010146, 1–16.
- Ningrum, R. W., Ningrum, R. F., & Fitasari, D. (2023). Analysis of Moringa Leaves as a Material for Making Electrolytes in Bio-Batteries. *Social, Humanities, and Educational Studies (SHES): Conference Series*, 6(4), 227–234.
- Nordlöf, C., Norström, P., Schönborn, K. J., & Hallström, J. (2024). Easier Said than Done: STEM Subject Integration Through Engineering Design in Swedish Upper Secondary School. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 24(3), 333–347.
- Novianto, E. (2023). Improving Students’ Science Process Skills through PjBL learning assisted by collaborative project LKPD. *Reflection Journal*, 3(2), 88–95.

- Nur, Z., & Kılıç, A. (2024). The mediating role of cognitive flexibility in the relationship between creative thinking tendencies and problem-solving skills, *South African Journal Of Education* 44(4), 1–16.
- Pinkow, F. (2023). Creative cognition : A multidisciplinary and integrative framework of creative thinking. *Special Issue Article Creative*, 472–492.
- Pratiwi, R. T., Nuryatin, A., Suryani, Y., & Agustira, D. (2025). Lesson Study Through the Project-Based Learning Model to Improve Creative Thinking Ability, *Qalamuna : Jurnal Pendidikan Sosial, dan Agama* 17(1), 365–380.
- Purwaningsih, E., Sari, S. P., Sari, A. M., & Suryadi, A. (2020). The effect of stem-pjbl and discovery learning on improving students' problem-solving skills of the impulse and momentum topic. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(4), 465–476.
- Putri, C. R., Abdurrahman, A., & Herlina, K. (2025). Integrating seaweed ethnoscience with STEM-PjBL in renewable energy learning: Could this approach develop creativity and entrepreneurial skills? *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 8(1), 187.
- Radie Alawadi, A. H., Hussein Alawadi, A., Achilov, A. S., Reena, R., Subburam, S., Dhivya Dharshini, U., & Javanjal, V. (2024). Biodegradable Battery Materials for Sustainable Energy Storage. *E3S Web of Conferences*, 540.
- Rahayu, I. P., & Wulandari, F. (2025). Creative Thinking Skills Through Project-Based Learning (PjBL) -STEM Model, *Qalamuna : Jurnal Pendidikan Sosial, dan Agama* 20(5), 864–869.
- Rahayu, S., Abdurrahman, Herlina, K., Suyatna, A., & Ertikanto, C. (2025). Analysis of Teachers' Needs in Renewable Energy Learning Programs Using SSI Integrated with PjBL-STEM to Enhance Collaborative Problem-Solving and Entrepreneurial Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(1), 774–782.
- Raras Setyo Retno, Purnomo, Arif Hidayat, Aynin Mashfufah, & Enik Chairul Umah. (2025). Students' Creative Thinking in STEM Integrated Project-Based Learning (PjBL-STEM). *Journal of Education Research and Evaluation*, 9(1), 142–152.
- Raslan, G. (2024). The Impact of the Zone of Proximal Development Concept (Scaffolding) on the Students Problem Solving Skills and Learning Outcomes. *Switzerland. Lecture Notes in Civil Engineering (LNCE)*
- Rominger, C., Papousek, I., Perchtold, C. M., Weber, B., Weiss, E. M., & Fink, A. (2018). Neuropsychologia The creative brain in the fi gural domain : Distinct patterns of EEG alpha power during idea generation and idea elaboration. *Neuropsychologia*, 118(10), 13–19.

- Salam, I. A. (2014). Hands-On / Mind-On Activity-Based Strategy : The Effect On Pre- Service Teachers Subject Matter Knowledge In A Primary Ishola Akindele Salami Early Childhood Education Unit , Department of Teacher Education , University of Ibadan , Ibadan , Nigeria . *Journal of Emerging Trends in Educational Research and Policy Studies (JETERAPS)*, 5(7).
- Salsabilla, O. P., & Vanda, R. (2025). Project Based Learning Improves Creative Thinking in Elementary Science Students: Pembelajaran Berbasis Proyek Meningkatkan Pemikiran Kreatif pada Siswa Sekolah Dasar Mata Pelajaran Sains. *Academia Open*, 10(1), 1–10.
- Sari, I. K., Handayani, D., & Supriadi, B. (2024). Students ' creative thinking skills on the material of motion dynamics through STEM-PjBL, *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika* 11(1), 41–48.
- Sedayu, A., Herpratiwi, Yulianti, D., & Distrik, I. W. (2024). Impact of OER-assisted Problem-based Learning on Creative Thinking and Self-Efficacy in Physics Education. *Qubahan Academic Journal*, 4(3), 748–762.
- Seo, S., Van Orman, D. S. J., Beattie, M., Paxson, L. C., & Murray, J. (2024). Transforming Learning Orientations Through STEM Interdisciplinary Project-Based Learning. *Education Sciences*, 14(11).
- Subiyantoro, S. (2023). Exploring Teachers' Perspectives on Their Role in Facilitating Project-Based Learning: A Comparative Study of Elementary, Middle, and High School. *EDUKASIA: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 4(2), 2973–2980.
- Sulaiman, F., Rosales, J. J., & Kyung, L. J. (2024). The effectiveness of integrated science, technology, engineering and mathematics project-based learning module. *International Journal of Evaluation and Research in Education* , 13(3), 1740–1754.
- Sungkono. (2003). *Pengembangan dan Pemanfaatan Bahan Ajar*. FIP UNY. Yogyakarta.
- Suryakant N, D. (2025). Constructivist 5E Approach to Information and Communication Technology (ICT) and Challenges in Education. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 14(3), 1224–1228.
- Suryawati, E., Suzanti, F., Zulfarina, Putriana, A. R., & Febrianti, L. (2020). The implementation of local environmental problem-based learning student worksheets to strengthen environmental literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(2), 169–178.

- Ulum, M., Firmansyah, R. A., & Fibonacci, A. (2019). Keefektifan Hands On Minds On Activities Berbasis Socioscientific Issue Terhadap Literasi Sains Effectiveness of Hands on Minds on Activities Based on SocioScientific Issue on Scient Literation, *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 22(2), 159–170.
- Vaishali, & Misra, & P. K. (2020). Implications of Constructivist Approaches in the Classrooms: The Role of the Teachers. *Asian Journal of Education and Social Studies*, 7(4), 17–25.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wang, D., Dong, X., & Zhong, J. (2025). Enhance College AI Course Learning Experience with Constructivism-Based Blog Assignments. *Education Sciences*, 15(2), 1–21.
- Wang, L., Pang, L., Yang, S., & Shui, H. (2026). Urban – rural background disparities and their impact on college students ’ academic outcomes, *Front. Psychol* 17(172).
- Weiss, S., & Wilhelm, O. (2022). Is Flexibility More than Fluency and Originality ?, ? *Journal ofIntelligence* 10: 96
- Weng, X., Chiu, T. K. F., & Tsang, C. C. (2022). Promoting student creativity and entrepreneurship through real-world problem-based maker education. *Thinking Skills and Creativity*, 45(5), 101046.
- Widiyono, A., & Ghufon, A. (2024). Improving Creative Thinking Skills Through the PjBL-STEM Model assisted by LKPD Life Cycle Diology. *Jurnal Pendidikan Dan Pengajaran*, 57(3), 532–541.
- Yahyaawal, M. A., Ibrahim, M., Omar, M. H., Abdullah, I., Ahmad, S., & Rahman, A. R. A. (2025). A Comparative Study on the Level of Creativity of Secondary School Students in Urban and Rural In Malaysia, *Specialusis Ugdymas / Special Education* 1(43), 1047–1057.
- Yamaoka, A., & Yukawa, S. (2020). Mind wandering in creative problem-solving: Relationships with divergent thinking and mental health. *PLoS ONE*, 15(4), 1–11.
- Yohananingtyas, N. (2024). Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia Implementasi Well-Structured dan Ill-Structured Problem untuk Analisis Keterampilan Berpikir Kritis dan Kolaboratif Peserta Didik, *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia* 18(2).
- Zein, L. R., Dewantari, N., & Rahayu, R. (2024). Keefektifan Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Berbantuan Media Teka Teki Silang terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa SMP, 13(1), 92–98.