

**KEEFEKTIFAN LKPD BERBASIS PROYEK PENGOLAHAN LIMBAH
KULIT BUAH NAGA DALAM MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN
*SELF-REGULATED LEARNING***

(Skripsi)

**Oleh
NADIA AGUSTINA
2213022009**



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

ABSTRAK

KEEFEKTIFAN LKPD BERBASIS PROYEK PENGOLAHAN LIMBAH KULIT BUAH NAGA DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN *SELF-REGULATED LEARNING*

Oleh

NADIA AGUSTINA

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *self-regulated learning* peserta didik pada materi *alternative energy*. Penelitian dilakukan di SMAN 1 Sumberejo menggunakan metode *quasi experiment* dengan desain *pretest-posttest nonequivalent group design*. Sampel penelitian terdiri dari kelas X E1 dan X E4 dengan jumlah 66 peserta didik. Instrumen yang digunakan berupa soal esai keterampilan berpikir kritis dan angket *self-regulated learning*. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata N-Gain keterampilan berpikir kritis sebesar 0,65 pada kelas eksperimen 1 dan 0,67 pada kelas eksperimen 2. Uji *paired sample t-test* menunjukkan nilai signifikansi $0,001 < 0,05$ yang berarti terjadi peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Sementara itu, uji *One Way ANOVA* menunjukkan tidak terdapat perbedaan peningkatan berdasarkan kemampuan awal peserta didik ($0,165 > 0,05$). Hasil angket *self-regulated learning* memperoleh persentase 89,93% dan 92,81% dengan kategori sangat tinggi. Selain itu, uji korelasi bivariat menunjukkan adanya hubungan positif antara keterampilan berpikir kritis dan *self-regulated learning* dengan nilai *Pearson correlation* sebesar 0,50 berkategori sedang. Dengan demikian, LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *self-regulated learning* peserta didik.

Kata Kunci : LKPD Berbasis Proyek, Keterampilan Berpikir Kritis, *Self-Regulated Learning*

ABSTRACT

EFFECTIVENESS OF PROJECT-BASED LKPD ON DRAGON FRUIT PEEL WASTE PROCESSING IN IMPROVING CRITICAL THINKING AND SELF-REGULATED LEARNING SKILLS -REGULATED LEARNING

Oleh

NADIA AGUSTINA

This study aimed to determine the effectiveness of project-based LKPD using dragon fruit peel waste processing in improving students' critical thinking skills and *self-regulated learning* on *alternative energy* material. The research was conducted at SMAN 1 Sumberejo using a quasi-experimental method with a *pretest-posttest nonequivalent group design*. The sample consisted of classes X E1 and X E4 with a total of 66 students. The instruments used were essay tests on critical thinking skills and *self-regulated learning* questionnaires. The results showed that the average N-Gain of critical thinking skills was 0.65 in experimental class 1 and 0.67 in experimental class 2. The *paired sample t-test* showed a significance value of $0.001 < 0.05$, indicating an improvement in students' critical thinking skills. Meanwhile, the *One Way ANOVA* test showed no significant difference in improvement based on students' initial abilities ($0.165 > 0.05$). The *self-regulated learning* questionnaire results obtained percentages of 89.93% and 92.81%, both categorized as very high. In addition, the bivariate correlation test showed a positive relationship between critical thinking skills and *self-regulated learning* with a *Pearson correlation* value of 0.50 in the moderate category. Therefore, project-based LKPD using dragon fruit peel waste processing was effective in improving students' critical thinking skills and *self-regulated learning*.

Keywords : Project-Based Worksheet, Critical Thinking Skills, Self-Regulated learning

**KEEFEKTIFAN LKPD BERBASIS PROYEK PENGOLAHAN LIMBAH
KULIT BUAH NAGA DALAM MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS DAN *SELF-REGULATED LEARNING***

Oleh

NADIA AGUSTINA

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 : **KEEFEKTIFAN LKPD BERBASIS
PROYEK PENGOLAHAN LIMBAH
KULIT BUAH NAGA DALAM
MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS DAN SELF-
REGULATED LEARNING**

Nama Mahasiswa : **Nadia Agustina**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2213022009**

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.Nd., 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

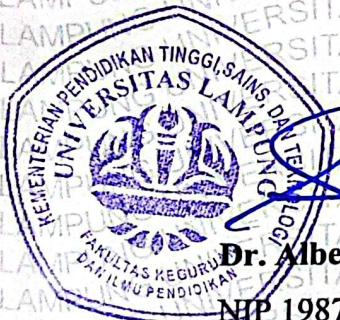
Bukan Pembimbing

: Prof. Dr. I Wayan Distrik, M.Si.

2. **Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan**

Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd.

NIP 19870504 201404 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 06 Mei 2026

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini adalah :

Nama : Nadia Agustina
NPM : 2213022009
Program Studi : Pendidikan Fisika
Fakultas/Jurusan : KIP/ Pendidikan MIPA
Alamat : Sumbersari, Sidomulyo, Kec. Sumberejo, Kab.
Tanggamus, Prov. Lampung

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

Bandar Lampung, 06 Mei 2026



Nadia Agustina
NPM 2213022009

RIWAYAT HIDUP

Penulis skripsi ini bernama lengkap Nadia Agustina, dilahirkan di Pekon Sidomulyo, Kecamatan Sumberejo, Kabupaten Tanggamus pada tanggal 09 Maret 2004 merupakan putri bungsu dari pasangan Bapak Sutono dan Ibu Subariyem. Penulis mengawali Pendidikan formal pada tahun 2010 sebagai peserta didik di SD Negeri 1 Sidomulyo dan lulus pada tahun 2016. Penulis melanjutkan Pendidikan formal ke jenjang sekolah menengah pertama di SMP Negeri 2 Sumberejo pada tahun 2016 dan lulus pada tahun 2019. Kemudian penulis melanjutkan Pendidikan formal ke jenjang sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Sumberejo 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 SNMPTN.

Selama menempuh Pendidikan sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika, penulis aktif dalam berbagai macam kegiatan organisasi. Penulis pernah menjadi Anggota Divisi Pembinaan dari ALMAFIKA FKIP UNILA pada tahun 2022-2025 dan anggota Divisi Kaderisasi dari HIMASAKTA FKIP UNILA pada tahun 2023. Penulis juga pernah melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada tahun 2025 di Desa Bujuk Agung, Kecamatan Banjar Margo, Kabupaten Tulang Bawang. Kegiatan KKN tersebut bersamaan dengan pelaksanaan Pengenalan Lapangan Sekolah (PLP) 1 dan 2 yang dilaksanakan di SMA Negeri 1 Banjar Margo.

MOTTO

“Keberhasilan itu bukanlah selalu milik orang yang pintar, namun keberhasilan itu adalah milik orang yang senantiasa berusaha”

(BJ. Habibie)

*”Bersabar dalam berproses, melangkah dengan harapan,
dan menuntaskan dengan kesuksesan”*

(Nadia Agustina)

PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat 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 penghormatan dan tanda bukti sayang nan tulus kepada:

1. Orang tua tercinta, Bapak Sutono dan Ibu Subariyem 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, selama masa sulit mengerjakan skripsi, Ayah dan Ibu selalu ada, memberikan semangat, mendengarkan keluh kesah saya, dan tak pernah berhenti mendoakan. Terima kasih atas segalanya, Ayah dan Ibu karena kalian adalah kekuatan saya. Semoga saya bisa membalas semua kebaikan kalian.
2. Wiwin Agustina, kakak tersayang yang sudah selalu memberikan dukungan dan semangat buat adiknya tersayang. Terima kasih telah menjadi salah satu *support system* selama ini.
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

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Keefektifan LKPD Berbasis Proyek Pengolahan Limbah Kulit Buah Naga Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Dan *Self-Regulated Learning*” 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., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
5. Ibu Prof. Dr. Kartini Herlina, M.Si., selaku Pembimbing Akademik sekaligus Pembimbing 1, atas kesediaan dan kesabarannya dalam memberikan bimbingan dan arahan serta motivasi kepada penulis dalam menyusun skripsi. Terima kasih atas waktu, pemikiran, dan motivasi yang begitu berharga.
6. Bapak Dimas Permadi, S.Pd., M.Pd., selaku 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. I Wayan Distrik, 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 Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung yang telah membimbing penulis selama proses perkuliahan.
9. Bapak Desi Mulyawan, S.Pd., M.Pd., selaku Kepala SMA Negeri 1 Sumberejo yang telah memeberikan banyak bantuna kepada penulis selama penelitian berlangsung.
10. Bapak Jivi Angesta, S.Pd., selaku guru mata pelajaran fisika SMA Negeri 1 Sumberejo yang telah memebrikan banyak bantuan kepada penulis selama penelitian berlangsung.
11. Peserta didik kelas XI. F4, X. E1, dan X E4 SMA Negeri 1 Sumberejo yang telah membantu dan bekerja sama selama penelitian berlangsung.
12. Sahabat perjuangan selama perkuliahan, Dina Andani Frebianti, Suci Wulan Sari, Reta Amelia, Monica Ratri Cahya, Julia Krisnawati, Naviatun Istiqomah, Isna Saskia Sayyida, dan Pitria Agustina yang selalu membuat perjalanan perkuliahan penulis lebih menyenangkan dan penuh kenangan.
13. Teman-teman seperbimbingan akademik Ibu Kartini, yaitu Karinta, Dwi Pratiwi, Dwi Rahayu, Mila, Adinda, dan Laila yang menjadi teman *sharing group* skripsi dan selalu memberikan kekuatan, motivasi, dan dukungan satu sama lainnya.
14. Terima kasih kepada Surya Darma Hakiki yang telah membantu dalam perjalanan perkuliahan penulis. Terima kasih telah memberikan waktu, dukungan, doa dan support dalam proses penyusunan skripsi ini sampai selesai.
15. Keluarga besar KKN PLP Desa Bujuk Agung, Siti Hasanah Hs, Sandriana Devi, Sindy Aulia Putri, Losa, Ginting Girnanda, Dewi Permai, Dania Salsabil, dan Sabriya Khoirunnisa terima kasih atas kebersamaannya, dukungan, semangat dan doa-doa terbaik.
16. Teman-teman seperjuangan Pendidikan Fisika angkatan 2022.

17. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian penyusunan skripsi ini.

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

Bandar Lampung, 06 Mei 2026

Nadia Agustina
NPM 2213022009

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
I. PENDAHULUAN.....	1
1. 1 Latar Belakang	1
1. 2 Rumusan Masalah	6
1. 3 Tujuan Penelitian.....	6
1. 4 Manfaat Penelitian.....	7
1. 5 Ruang Lingkup Penelitian	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2. 1 Kajian Teoritis.....	9
2. 1. 1 <i>Problem Solving</i>	9
2. 1. 2 <i>Ill-Structured problem</i>	9
2. 1. 3 <i>Well-Structured Problem</i>	11
2. 1. 4 Teori Belajar Konstruktivis.....	12
2. 1. 5 Limbah Baterai.....	13
2. 1. 6 <i>Alternative Energy</i>	14
2. 1. 7 <i>Alternative Electricity</i>	15
2. 1. 8 Karakteristik Kulit Buah Naga.....	17
2. 1. 9 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).....	20
2. 1. 10 <i>Project Based Learning-STEM (PjBL-STEM)</i>	21
2. 1. 11 Keterampilan Berpikir Kritis	23
2. 1. 12 <i>Self-Regulated Learning (SRL)</i>	25
2. 2 Penelitian yang relevan	29
2. 3 Kerangka Pemikiran	30
2. 4 Hipotesis Penelitian.....	34
III. METODE PENELITIAN.....	35
3. 1 Pelaksanaan Penelitian	35
3. 2 Populasi dan Sampel Penelitian	35
3. 3 Variabel Penelitian	35
3. 4 Desain Penelitian.....	36
3. 5 Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	40
3. 6 Instrumen Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data	41
3. 8 Teknik Analisis Data.....	49
3.8.1 Hitung <i>N-Gain</i>	49

3.8.2	Uji Normalitas	51
3.8.3	Uji Homogenitas	51
3.8.4	Uji Hipotesis	52
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		55
4.1	Hasil Penelitian.....	55
4.1.1	Data Nilai Keterampilan Berpikir Kritis.....	55
4.1.2	Data <i>Self-Regulated Learning</i>	59
4.1.3	Uji Hipotesis.....	61
4.1.4	Analisis Keterlaksanaan LKPD.....	63
4.2	Pembahasan.....	64
4.2.1	Keterampilan Berpikir Kritis.....	64
4.2.2	<i>Self-Regulated Learning</i>	79
4.2.3	Hubungan antara Keterampilan Berpikir Kritis dan <i>Self-Regulated Learning</i>	82
4.2.4	Analisis Keterlaksanaan LKPD.....	83
V. KESIMPULAN DAN SARAN		111
5.1	Kesimpulan.....	111
5.2	Saran.....	112
DAFTAR PUSTAKA		113
LAMPIRAN.....		121
Lampiran 1.	Surat penelitian.....	134
Lampiran 2.	Surat Balasan Penelitian	123
Lampiran 3.	Hasil Uji Validitas Keterampilan berpikir Kritis.....	124
Lampiran 4.	Hasil Uji reliabilitas Keterampilan Berpikir Kritis.....	125
Lampiran 5.	Rekapitulasi Hasil <i>Pretest</i> Keterampilan Bepikir Kritis Kelas Eksperimen 1.....	126
Lampiran 6.	Rekapitulasi hasil <i>Posttest</i> Keterampilan Berpikir Kritis Kelas Eksperimen 1.....	127
Lampiran 7.	Rekapitulasi Hasil <i>Pretest</i> Keterampilan Bepikir Kritis Kelas Eksperimen 2.....	128
Lampiran 8.	Rekapitulasi Hasil <i>Posttest</i> Keterampilan Bepikir Kritis Kelas Eksperimen 2.....	129
Lampiran 9.	Rekapitulasi Hasil Rata-rata Soal Keterampilan Berpikir Kritis Kelas Eksperimen 1.....	130
Lampiran 10.	Rekapitulasi Hasil Rata-rata Soal Keterampilan Berpikir Kritis Kelas Eksperimen 2.....	131
Lampiran 11.	Hasil Skor <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Tiap Indikator Keterampilan Berpikir Kritis Kelas Eksperimen 1	132
Lampiran 12.	Hasil Skor <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Tiap Indikator Keterampilan Berpikir Kritis Kelas Eksperimen 2	133
Lampiran 13.	Hasil Uji Normalitas Keterampilan berpikir Kritis	134
Lampiran 14.	Hasil Uji Homogenitas Keterampilan Berpikir Kritis	136
Lampiran 15.	Hasil Uji <i>N-Gain</i> Keterampilan Berpikir Kritis Eksperimen 1	137
Lampiran 16.	Hasil Uji <i>N-Gain</i> Keterampilan Berpikir Kritis Eksperimen 2	138

Lampiran 17. Hasil Uji <i>N-Gain</i> Tiap Indikator Keterampilan Berpikir Kritis Kelas Eksperimen 1.....	139
Lampiran 18. Hasil Uji <i>N-Gain</i> Tiap Indikator Keterampilan Berpikir Kritis Kelas Eksperimen 2.....	140
Lampiran 19. Hasil Uji <i>Paired Sample T-Test</i> Keterampilan Berpikir kritis	141
Lampiran 20. Hasil Uji <i>One Way</i> Anova Keterampilan Berpikir Kritis	142
Lampiran 21. Pengelompokan Kemampuan Awal Keterampilan Berpikir Kritis	143
Lampiran 22. Hasil Uji Validasi <i>Self-Regulated Learning</i>	146
Lampiran 23. Hasil Uji reliabilitas <i>Self-regulated learning</i>	147
Lampiran 24. Rekapitulasi Data <i>Self-Regulated Learning</i> Kelas Eksperimen 1	148
Lampiran 25. Rekapitulasi Data <i>Self-Regulated Learning</i> Kelas Eksperimen 2	150
Lampiran 26. Rata-rata <i>Self-Regulated Learning</i> Kelas Eksperimen 1	152
Lampiran 27. Rata-rata <i>Self-Regulated Learning</i> Kelas Eksperimen 2	153
Lampiran 28. Hasil Uji Efektifitas Peserta Didik	154
Lampiran 29. Hasil Penilaian Kinerja Peserta Didik Kelas Eksperimen 1	159
Lampiran 30. Hasil Penilaian Kinerja Peserta Didik Kelas Eksperimen 2	162
Lampiran 31. Modul Ajar	165
Lampiran 32. Kisi-kisi Keterampilan Berpikir Kritis	173
Lampiran 33. Rubrik Penilaian Keterampilan Berpikir Kritis	178
Lampiran 34. Instrumen <i>Pretest-Posttest</i> Keterampilan Berpikir Kritis	197
Lampiran 35. Kisi-kisi Angket <i>Self-Regulated Learning</i>	203
Lampiran 36. Angket <i>Self-Regulated Learning</i>	204
Lampiran 37. LKDP Berbasis Proyek Pengolahan Limbah Kulit Buah Naga ...	207
Lampiran 38. Rubrik LKPD Berbasis Proyek Pengolahan Limbah Kulit Buah Naga	229
Lampiran 39. Dokumentasi Penelitian.....	234

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat Fisikokimia Kulit Buah Naga	18
2. Sintaks Model PjBL-STEM	22
3. Kerangka Berpikir menurut Norris dan Ennis	25
4. Indikator Self-Regulated Learning	28
5. Penelitian relevan	29
6. Desain Penelitian pada Kelas Eksperimen	37
7. Kriteria Interval Skor	42
8. Kriteria Keterlaksanaan Pembelajaran menggunakan LKPD	43
9. Hasil Ketercapaian Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	43
10. Interpretasi Koefisien Validitas Instrumen	45
11. Hasil Uji Validitas Keterampilan Berpikir Kritis.....	46
12. Hasil Uji Validitas Angket <i>Self-Regulated Learning</i>	46
13. Interpretasi Reliabilitas Instrumen	47
14. Hasil Uji Reliabilitas Keterampilan Berpikir Kritis.....	48
15. Hasil Uji Reliabilitas <i>Self-Regulated Learning</i>	48
16. Kriteria Interval Skor	49
17. Distribusi Kemampuan Awal Keterampilan Berpikir Kritis.....	50
18. Kriteria Interpretasi Nilai <i>N-Gain</i>	50
19. Interpretasi Koefisien Korelasi	54
20. Hasil Rata-rata <i>pretest</i> , <i>posttest</i> , dan <i>N-Gain</i> Keterampilan Berpikir Kritis... 55	
21. Hasil Perhitungan <i>N-Gain</i> Tiap Indikator Keterampilan Berpikir Kritis pada Kedua Kelas Eksperimen	56
22. Hasil Uji Normalitas Data Keterampilan Berpikir Kritis.....	58
23. Hasil Uji Homogenitas Keterampilan Berpikir Kritis.....	58
24. Indikator Self-Regulated Learning Kelas Eksperimen 1	59
25. Indikator Ketercapaian <i>Self-Regulated Learning</i> Kelas Eksperimen 2.....	60
26. Hasil Uji <i>Paired Sample T-test</i> Keterampilan Berpikir Kritis	61
27. Hasil Uji <i>One Way ANOVA</i> Keterampilan Berpikir Kritis	62
28. Hasil Uji Korelasi.....	62
29. Hasil Analisis Keterlaksanaan LKPD Kelas Eksperimen 1	63
30. Hasil Analisa Keterlaksanaan LKPD Kelas Eksperimen 2	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran.....	33
2. Rata-rata <i>N-Gain</i> Tiap Indikator Keterampilan Berpikir Kritis.....	66
3. Contoh Jawaban <i>Pretest</i> Indikator Klarifikasi Dasar Terhadap.....	67
4. Contoh Jawaban <i>Posttest</i> Indikator Klarifikasi Dasar Terhadap.....	67
5. Contoh Jawaban <i>Pretest</i> Indikator Mengumpulkan Informasi Dasar.....	69
6. Contoh Jawaban <i>Posttest</i> Indikator Mengumpulkan Informasi Dasar.....	69
7. Contoh Jawaban <i>pretest</i> Peserta Didik Indikator Mendapatkan.....	71
8. Contoh Jawaban <i>posttest</i> Peserta Didik Indikator Mendapatkan Kesimpulan Terbaik.....	71
9. Contoh Jawaban <i>Pretest</i> Indikator Klarifikasi Lanjutan.....	73
10. Contoh Jawaban <i>Posttest</i> Indikator Klarifikasi Lanjutan.....	73
11. Contoh Jawaban <i>Pretest</i> Indikator Membuat Kesimpulan.....	75
12. Contoh Jawaban <i>Posttest</i> Indikator Membuat Kesimpulan.....	76
13. Perbandingan Kemampuan Awal Keterampilan Berpikir Kritis.....	77
14. Rata-rata <i>Self-Regulated Learning</i> Per Indikator.....	79
15. Hasil Analisis Keterlaksanaan LKPD Berbasis Proyek Pengolahan.....	84
16. Hasil Analisis Keterlaksanaan LKPD Berbasis Proyek Pengolahan.....	84
17. Wacana dalam LKPD Berbasis proyek.....	85
18. Jawaban Peserta Didik A pada Tahap <i>reflection</i>	86
19. Jawaban Peserta Didik B pada Tahap <i>reflection</i>	87
20. Jawaban Peserta Didik C pada Tahap <i>reflection</i>	88
21. Jawaban Peserta Didik D pada Tahap <i>reflection</i>	89
22. Jawaban Peserta Didik A pada tahap Mengidentifikasi Informasi.....	90
23. Jawaban Peserta Didik B pada tahap Mengidentifikasi Informasi.....	91
24. Jawaban Peserta Didik C pada tahap Mengidentifikasi Informasi.....	91
25. Jawaban Peserta Didik D pada tahap Mengidentifikasi Informasi.....	92
26. Jawaban Peserta Didik A pada Tahap Mengumpulkan Informasi.....	93
27. Jawaban Peserta Didik B pada Tahap Mengumpulkan Informasi.....	94
28. Jawaban Peserta Didik C pada Tahap Mengumpulkan Informasi.....	94
29. Jawaban Peserta Didik D pada Tahap Mengumpulkan Informasi.....	95
30. Rencana Proyek.....	97

31. Alat dan bahan.....	99
32. Prosedur Pembuatan Proyek	99
33. Desain Proyek	100
34. Jadwal Kegiatan proyek dan pembagian Tugas	101
35. Perlakuan dan Kendala Selama Pelaksanaan Proyek.....	102
36. Peserta didik Melakukan Percobaan Bio baterai.....	102
37. Hasil Data Percobaan Bio Baterai	104
38. Melaporkan Hasil Proyek Bio Baterai	105
39. Poster Hasil Proyek Bio Baterai.....	105
40. Kendala yang Dihadapi Peserta Didik A dan Saran untuk Perbaikan	106
41. Kendala yang Dihadapi Peserta Didik B dan Saran untuk Perbaikan.....	107
42. Kendala yang Dihadapi Peserta Didik C dan Saran untuk Perbaikan.....	107
43. Kendala yang Dihadapi Peserta Didik D dan Saran untuk Perbaikan	108
44. Evaluasi Hasil Proyek Bio Baterai	109

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya permasalahan dalam kegiatan pembelajaran di kelas, peserta didik tidak hanya dituntut untuk memiliki kemampuan dalam proses pembelajaran, tetapi juga perlu menguasai keterampilan abad ke-21. Penguasaan keterampilan abad ke-21 menjadi hal yang penting bagi peserta didik sebagai bekal utama untuk menghadapi tuntutan dan tantangan dunia kerja di masa depan. Keterampilan tersebut terangkum dalam konsep 6C yaitu *critical thinking, collaboration, communication, creativity, citizenship, character* (Afif *et al.*, 2021). Keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif, dan memecahkan masalah merupakan bagian penting dari keterampilan abad ke-21 yang dikembangkan dalam pembelajaran kontekstual, kolaboratif, serta berorientasi pada literasi informasi dan media. Hal ini sejalan dengan kurikulum abad ke-21 yang menekankan pentingnya pengembangan keterampilan berpikir kritis (Zan *et al.*, 2023). Oleh karena itu, keterampilan berpikir kritis menjadi salah satu aspek utama yang perlu dikembangkan untuk mempersiapkan peserta didik menghadapi tantangan abad ke-21.

Proses berpikir kritis melibatkan kemampuan untuk berpikir rasional dan reflektif guna membuat keputusan tentang apa yang sebaiknya diyakini atau diambil tindakan (Purwoko *et al.*, 2023). Seseorang perlu memiliki dan mempelajari keterampilan berpikir kritis ini, karena keahlian ini

sangat berguna untuk kehidupan sekarang dan di masa mendatang (Linda, 2019). Belajar fisika merupakan salah satu cara untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik melalui berbagai unsur dan aktivitas dalam memahami fenomena alam (Nisak, 2021)

Guru sebagai fasilitator pembelajaran di abad ke-21 dituntut untuk tidak lagi menjadi satu-satunya sumber informasi, melainkan sebagai pendamping dan perancang kegiatan belajar yang inovatif, bermakna, dan konseptual (Mardiana *et al.*, 2024). Guru harus mampu menganalisis kebutuhan belajar peserta didik dan mengembangkan perangkat ajar yang mendorong peserta didik aktif, berpikir kritis, serta bertanggung jawab terhadap proses belajarnya sendiri. Hal ini sejalan dengan profil guru abad ke-21 yang menekankan peran sebagai desainer pembelajaran, pengintegrasikan teknologi, dan pengembang karakter peserta didik (Panjaitan, 2025). Dengan meningkatkan keterampilan berpikir kritis, peserta didik diharapkan dapat beradaptasi dengan kehidupan dan mampu menghadapi berbagai masalah baik pribadi maupun sosial dalam kehidupannya.

Keterampilan berpikir kritis bisa dilatih dan ditingkatkan dengan menggunakan strategi atau model pembelajaran yang sesuai. Pembelajaran yang berfokus pada peserta didik sebagai pusatnya merupakan strategi atau model yang efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik (Aliftika *et al.*, 2021). Selain keterampilan berpikir kritis, peserta didik juga diharapkan memiliki kesadaran atas kemampuan dirinya sendiri. Peserta didik yang mampu memahami potensi diri, bertanggung jawab dalam mengerjakan sesuatu, dan mengoptimalkan cara belajar agar lebih mudah menguasai materi pelajaran serta memperoleh hasil belajar yang optimal. Di samping itu, keterampilan *self-regulated learning* (SRL) juga sangat penting dalam membentuk karakter pelajar yang mampu mengelola tujuan belajar, memonitor prosesnya, dan mengevaluasi hasil secara reflektif (Winiari *et al.*, 2019). SRL merupakan elemen mandiri yang bertujuan untuk membentuk profil pelajar Pancasila yang memiliki pemahaman terhadap dirinya sendiri dan situasi yang dihadapi dalam proses pembelajaran dilaksanakan,

sehingga dikatakan bahwa setiap peserta didik harus memiliki SRL (Permatasari *et al.*, 2024).

Pembelajaran berbasis proyek (PjBL) dalam konteks pendidikan di abad ke-21 merupakan salah satu metode pengajaran yang sangat efektif untuk diterapkan, karena mampu mendorong peserta didik untuk berpartisipasi lebih aktif dan berpikir kritis, serta mengembangkan *self-regulated learning*, terutama dalam menyelesaikan masalah (Megawati *et al.*, 2023). Usaha untuk mencapai tujuan ini adalah dengan menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran dan menciptakan suasana belajar yang kolaboratif, sehingga memungkinkan mereka untuk mengembangkan kemampuan yang diperlukan di abad ke-21 (Afifah *et al.*, 2020; Rahmawati dan Rahmawati, 2024). Penelitian yang dilakukan oleh (Baran *et al.*, 2021) mengungkapkan adanya peningkatan signifikan dalam keterampilan abad ke-21 peserta didik, seperti kolaborasi, komunikasi, pemecahan masalah, kreativitas, rasa tanggung jawab, berpikir kritis, dan pemahaman teknologi informasi setelah mereka terlibat dalam kegiatan PjBL. Para pendidik merekomendasikan penggunaan PjBL karena telah terbukti selaras dengan keterampilan berpikir kritis peserta didik (Allison, 2020).

Namun demikian, penguasaan keterampilan abad ke-21 saja belum cukup untuk mendorong keberhasilan belajar secara menyeluruh. Peserta didik tetap memerlukan fasilitas dan media pembelajaran yang dapat menumbuhkan keterlibatan aktif, kemampuan memecahkan masalah nyata, serta mengelola proses belajar secara mandiri. Salah satu media yang dapat digunakan untuk mendukung pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek adalah Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). LKPD berfungsi sebagai panduan sekaligus media pembelajaran yang membantu peserta didik dalam merencanakan kegiatan, mengeksplorasi konsep, melaksanakan proyek, hingga melakukan refleksi terhadap hasil yang diperoleh (Indria, 2022). Dengan demikian, penggunaan LKPD berbasis proyek tidak hanya memfasilitasi peserta didik untuk memahami materi secara mendalam, tetapi juga menumbuhkan keterampilan berpikir kritis dan *self-regulated learning* melalui pengalaman belajar yang kontekstual.

Penelitian yang dilakukan oleh Firmansyah, (2023) menunjukkan bahwa LKPD yang terencana dan relevan dapat meningkatkan partisipasi peserta didik dalam proses belajar sambil mendorong mereka untuk mengambil inisiatif dalam pengelolaan pembelajaran secara mandiri. LKPD yang digunakan berdasarkan proyek, memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk memahami konsep *alternative energy* tidak hanya dari sudut pandang teori, tetapi juga terkait dengan penyelesaian masalah lingkungan yang nyata. Penelitian Dewi, (2020) menunjukkan bahwa LKPD yang dikembangkan melalui pendekatan proyek ini tidak hanya memberikan tantangan intelektual kepada peserta didik, tetapi juga berkontribusi dalam perkembangan belajar mereka. Hal ini dicapai melalui langkah-langkah yang terstruktur dan didasarkan pada masalah nyata di sekitar.

Penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) menjadi salah satu pilihan bahan ajar yang efektif karena berisi lembaran tugas yang perlu diselesaikan oleh peserta didik. LKPD memberikan petunjuk atau langkah-langkah yang jelas untuk menyelesaikan suatu tugas, serta menguraikan kompetensi dasar yang ingin dicapai (Rohani *et al.*, 2017). Menggunakan LKPD ini, peserta didik dapat berpartisipasi aktif dalam proses belajar melalui pengenalan masalah, penjelajahan konsep, perencanaan dan pelaksanaan proyek, serta evaluasi hasil kerja mereka. Proses ini mendorong peserta didik untuk berpikir lebih mendalam dan menyelesaikan tantangan nyata bersama-sama (Aristiadi, 2019). Penggunaan LKPD yang dirancang dengan pendekatan proyek secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir kritis serta menumbuhkan sikap tanggung jawab peserta didik terhadap proses pembelajaran.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sari (2025) telah dikembangkan LKPD berbasis proyek dan terbukti sangat praktis dapat digunakan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dalam proses pembelajaran fisika khususnya pada materi *alternative energy*. Hal ini dapat dilihat dari uji keterbacaan, respon peserta didik dan persepsi guru terhadap penggunaan LKPD berbasis proyek dengan hasil rata-rata uji keterbacaan sebesar 89%, hasil rata-rata

respon peserta didik sebesar 86,7% dan hasil rata-rata uji persepsi guru sebesar 90% dengan kategori sangat praktis. Namun, penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan, di antaranya terletak pada subjek ujicoba yang seharusnya menggunakan peserta didik kelas X karena LKPD ini dikembangkan sesuai dengan karakteristik dan diperuntukan bagi peserta didik kelas X. selain itu penelitian ini tidak dapat disimpulkan secara umum berlaku untuk populasi karena tidak menggunakan statistik inferensial.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, peneliti dalam penelitian ini mengimplementasikan LKPD berbasis proyek yang telah dikembangkan tersebut ke dalam pembelajaran fisika untuk menguji efektivitasnya secara kelompok kecil dan kelompok luas. Keterbatasan ini menjadi alasan penting untuk meneliti keefektifan LKPD yang telah dikembangkan, karena keefektifan merupakan tolak ukur utama dalam menentukan apakah LKPD benar-benar mampu mencapai tujuan pembelajaran dan layak digunakan oleh guru di kelas. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk menguji keefektifan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *self-regulated learning* peserta didik.

Penelitian mengenai penggunaan LKPD berbasis proyek sudah pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Azzahra, F Y, (2025) yang menyatakan bahwa penerapan LKPD interaktif berbantuan HOTS dengan model PjBL berpengaruh signifikan terhadap keterampilan berpikir kritis. Hasil serupa juga ditunjukkan oleh Susilowaty, (2020) menyatakan bahwa PjBL mampu meningkatkan kemampuan *self-regulated learning* mahasiswa. Kedua penelitian tersebut memperlihatkan bahwa LKPD berbasis proyek efektif untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan *self-regulated learning*. Namun, penelitian sebelumnya cenderung menguji satu keterampilan secara terpisah dan belum banyak yang mengintegrasikan penggunaan LKPD berbasis proyek dengan dua keterampilan dalam konteks pembelajaran sains.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu yang telah dijelaskan pada uraian diatas, maka dalam penelitian ini difokuskan pada pengujian keefektifan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *self-regulated learning* peserta didik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka terdapat beberapa rumusan masalah penelitian sebagai berikut.

1. Bagaimana keefektifan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik?
2. Bagaimana keefektifan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga untuk melatih *self-regulated learning* peserta didik?
3. Apakah terdapat perbedaan keefektifan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik berdasarkan kemampuan awal yang berbeda?
4. Bagaimana hubungan *self-regulated learning* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik?

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui keefektifan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.
2. Mengetahui keefektifan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga untuk melatih *self-regulated learning* peserta didik.
3. Mengetahui keefektifan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik berdasarkan kemampuan awal yang berbeda.
4. Mengetahui hubungan *self-regulated learning* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik.

1.4 Manfaat Penelitian

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

1. Bagi Peserta Didik

LKPD dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *self-regulated learning* peserta didik melalui pembelajaran berbasis proyek.

2. Bagi Pendidik

LKPD berbasis proyek dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang inovatif dan kontekstual dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan melatih *self-regulated learning* peserta didik, serta membantu guru dalam merancang pembelajaran aktif yang mendorong keterlibatan belajar secara mendalam.

3. Bagi Penelitian Lain

Penelitian ini dapat menjadi referensi LKPD berbasis proyek sebagai bahan acuan bagi peneliti selanjutnya dengan variabel bebas lainnya sehingga pembahasan dapat lebih luas lagi.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

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

1. LKPD yang digunakan yaitu LKPD berbasis proyek untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA oleh Asri Nurmelati Sari (2025).
2. Menggunakan materi *alternative energy* sebagai sarana penelitian.
3. Penelitian ini berdasarkan sintaks atau tahapan dari model *Project Based Learning-STEM* (PjBL-STEM) menurut Laboy Rush, (2010), yaitu: *reflection, research, discovery, application, and communication*.
4. Indikator kemampuan berpikir kritis yang digunakan menurut Norris dan Ennis (Stiggins, R. J., dan Conklin, 1997), yaitu: melakukan klarifikasi dasar

terhadap masalah, mengumpulkan informasi dasar, membuat kesimpulan, melakukan klarifikasi lanjutan, dan mendapatkan kesimpulan terbaik.

5. Pengumpulan data *self-regulated learning* pada peserta didik yang mengacu pada teori (Zimmerman, 1990) dengan mencakup indikator metakognisi, motivasi, dan perilaku.
6. Angket *Self-regulated learning* yang digunakan diadaptasi dari Hidayati dan Listyani, (2010).
7. Analisis penggunaan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga dinilai berdasarkan hasil penilaian LKPD yang dikerjakan oleh peserta didik selama proses pembelajaran.
8. Peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik dalam penelitian ini diukur berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest*, kemudian dianalisis menggunakan *N-Gain*.
9. *Self-regulated learning* peserta didik dalam penelitian ini diukur menggunakan lembar angket dan dianalisis berdasarkan skor hasil pengisian angket.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teoritis

2.1.1 *Problem Solving*

Salah satu kemampuan berpikir yang perlu dikembangkan peserta didik adalah *problem solving*. *Problem solving* dibutuhkan dalam pembelajaran, karena kegiatan memecahkan masalah dalam proses pembelajaran fisika dapat membantu peserta didik untuk mengkonstruksi pengetahuan baru dan memfasilitasi proses pembelajaran. *Problem solving* mengacu pada usaha peserta didik untuk mencapai tujuan yang langsung dapat memecahkan masalah (Suryani, 2020). *Problem solving* adalah kemampuan peserta didik dalam menentukan solusi dari suatu permasalahan dan mengimplementasikannya dalam kehidupan nyata. Kurangnya kemampuan *problem solving* berdampak buruk bagi peserta didik dalam menguasai pemahaman konsep dan materi pelajaran (Gunada, 2023).

2.1.2 *Ill-Structured problem*

Ill-structured problem muncul dalam suatu konteks tertentu dan menggambarkan permasalahan yang tidak dirumuskan secara jelas atau tidak terdefinisi dengan baik. Informasi yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah tersebut biasanya tidak secara eksplisit tersedia dalam pernyataan masalah (Chi, Feltovich, dan Glaser, 1981 dalam Jonassen, 2011). Jenis masalah ini banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, sehingga sering kali terdapat kesenjangan antara kondisi yang ada dengan kondisi yang diharapkan.

Karena bersifat kontekstual dan kompleks, solusi dari *ill-structured problem* tidak dapat ditentukan secara langsung serta tidak mengarah pada satu jawaban yang bersifat konvergen. Penyelesaiannya sering kali menuntut integrasi berbagai konsep dan sudut pandang. Selain itu, *ill-structured problem* menuntut peserta didik untuk mengemukakan pendapat atau keyakinan pribadi terhadap permasalahan yang dihadapi. Dengan demikian, proses pemecahan masalah menjadi aktivitas yang menghargai keunikan masing-masing individu (Nurhilyah *et al.*, 2024). Oleh karena itu, penyelesaian *ill-structured problem* mengharuskan peserta didik memberikan justifikasi serta alasan yang logis untuk mendukung argumen yang mereka ajukan.

Berdasarkan karakteristiknya, *ill-structured problem* merupakan jenis permasalahan yang banyak ditemukan dalam konteks kehidupan nyata dan situasi sehari-hari, sehingga menuntut peserta didik untuk secara aktif membangun serta merekonstruksi pengetahuan yang dimilikinya. Dalam penelitian ini, *ill-structured problem* diintegrasikan pada tahap *reflection* pembelajaran. Pada tahap *reflection*, peserta didik diarahkan untuk mengamati fenomena yang disajikan, menyusun prediksi, serta mengidentifikasi permasalahan berdasarkan hasil pengamatan mereka.

Integrasi permasalahan tidak terstruktur ini bertujuan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik, khususnya dalam aspek menganalisis permasalahan, mengevaluasi informasi, serta memberikan justifikasi yang logis terhadap solusi yang diajukan (Jonassen, 2011). Selain itu, keterlibatan aktif peserta didik dalam proses identifikasi masalah, perencanaan strategi, serta refleksi terhadap hasil pemikirannya juga berkontribusi dalam melatih *self-regulated learning*. Melalui proses tersebut, peserta didik tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi secara sadar mengatur, memantau, dan mengevaluasi proses belajarnya sendiri. Dengan demikian, materi atau konsep yang dipelajari tidak sekadar menjadi hafalan, melainkan dipahami secara lebih mendalam melalui proses analisis dan refleksi yang bermakna.

2. 1. 3 *Well-Structured Problem*

Jenis permasalahan yang umum diterapkan dalam pembelajaran adalah *well-structured problem*. Tipe masalah ini dirancang secara sistematis, memiliki tujuan yang jelas, serta solusi yang telah diketahui atau dapat ditentukan secara pasti. Permasalahan yang terstruktur dengan baik cenderung menghasilkan capaian belajar yang lebih optimal dibandingkan *ill-structured problem*, terutama karena tahapan penyelesaiannya telah tersusun secara jelas dan terarah. Dalam penerapannya, *well-structured problem* memungkinkan peserta didik menyelesaikan tugas secara individu maupun kolaboratif dalam kelompok, dengan mengikuti instruksi yang telah ditetapkan secara eksplisit (Yohananingtyas, 2024). Dengan demikian, proses penyelesaian masalah menjadi lebih terfokus dan sistematis sesuai dengan prosedur yang telah dirancang sebelumnya.

Well-structured problem merupakan jenis permasalahan yang dapat diselesaikan melalui penerapan sejumlah aturan dan prinsip yang terbatas, seperti prinsip-prinsip fisika serta prosedur penyelesaian yang tersusun secara sistematis. Permasalahan ini umumnya disajikan dalam bentuk situasi yang telah disederhanakan dan bersifat ideal, sehingga memiliki struktur yang jelas serta solusi yang tunggal dan telah diketahui. Dalam pembelajaran fisika, *well-structured problem* banyak ditemukan dalam buku teks dan latihan soal yang menuntut penerapan rumus tertentu. Peserta didik sering kali menggunakan strategi *plug and chug*, yaitu langsung memasukkan nilai ke dalam persamaan tanpa melakukan analisis konseptual secara mendalam (Kurnia, 2023).

Dalam penelitian ini, *well-structured problem* diintegrasikan ke dalam tahapan pembelajaran *reflection, research, discovery, application*, dan *communication* untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan *self-regulated learning* peserta didik.

2. 1. 4 Teori Belajar Konstruktivis

Teori konstruktivisme menunjukkan bahwa siswa berperan aktif dalam menciptakan pengetahuan mereka sendiri. Peserta didik melakukannya dengan berinteraksi dengan pengalaman yang ada serta meningkatkan dan memperluas wawasan tersebut. Pendekatan ini dalam pembelajaran menitikberatkan pada cara peserta didik membangun pemahaman melalui interaksi dengan lingkungan sosial dan fisik yang mereka miliki. Dalam konstruktivisme sosial, perhatian utama terletak pada konteks sosial terkait proses belajar, di mana pengetahuan diraih dan dikembangkan melalui kerja sama dan aktivitas kelompok.

Scaffolding merupakan strategi pembelajaran yang menekankan bantuan sementara yang diberikan guru kepada peserta didik untuk membantu mereka mencapai pemahaman atau keterampilan yang belum mampu dicapai secara mandiri. Bantuan ini diberikan secara bertahap dan akan dikurangi seiring meningkatkannya kemampuan peserta didik. *Scaffolding* penting bagi peserta didik untuk merangsang cara mereka membangun pengetahuan. Selain itu, peserta didik juga diharapkan untuk mendapatkan informasi tentang ilmu pengetahuan dengan berkomunikasi dengan peserta didik lainnya. Kerjasama di antara peserta didik atau proses belajar yang dimulai ketika peserta didik berada dalam zona perkembangan terdekat sangat penting, yaitu saat mereka berinteraksi secara sosial dapat membentuk pola pikir mereka. Konsep ini disebut sebagai *Zone of Proximal Development (ZPD)*(Vygotsky, 1989).

Zone of Proximal Development (ZPD) menurut Vygotsky ialah suatu jarak antara tingkat perkembangan aktual dengan tingkat perkembangan potensial pada peserta didik (S. Dewi dan Fauziati, 2021). Perkembangan nyata peserta didik bisa dilihat dari kemampuan mereka dalam menyelesaikan masalah secara mandiri. Sementara itu, perkembangan yang bisa dicapai terlihat ketika peserta didik menyelesaikan tugas dan memecahkan masalahnya dengan bantuan dari orang yang lebih berkomitmen (Wardani *et al.*, 2023).

Dari penjelasan di atas, diketahui bahwa *scaffolding* menekankan pada peran guru dalam mendorong peserta didik untuk aktif dalam pembelajaran yang optimal. Penggunaan LKPD yang akan dikembangkan sejalan dengan konsep ini karena peserta didik akan memperoleh pengalaman belajar melalui konsep *scaffolding* karena memuat tahapan-tahapan bimbingan yang terstruktur. Selain itu, LKPD yang dikembangkan dapat memungkinkan peserta didik untuk mengeksplorasi, bekerja sama, dan memahami representasi yang berbeda, sehingga pemahaman terkait materi yang diajarkan dapat meningkat.

2. 1. 5 Limbah Baterai

Baterai merupakan salah satu alternatif yang diciptakan dan dikembangkan untuk membantu memenuhi kebutuhan energi listrik. Baterai merupakan alat yang dapat menghasilkan listrik yang penggunaannya tidak dapat dipisahkan dari peralatan rumah tangga dengan melibatkan perpindahan elektron melalui media penghantar dari dua elektroda (anoda dan katoda) sehingga menghasilkan arus listrik dan beda potensial (Nurannisa *et al.*, 2021). Komponen utama baterai terdiri dari elektroda dan elektrolit (erviana *et al.*, 2020). Komponen baterai terdiri dari seng sebagai anoda, karbon sebagai katoda, dan elektrolit yang digunakan adalah pasta yang dicampur dengan MnO_2 , serbuk karbon, dan NH_4Cl (Ristiono, 2021).

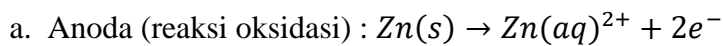
Dimana baterai termasuk bahan yang mengandung berbahaya dan beracun seperti mengandung bahan anorganik seperti nikel, kadmium, timbal, dan merkuri sehingga dapat berpotensi mencemari lingkungan (Siregar, 2020). Oleh karena itu, pemanfaatan sumber energi alternatif terbarukan yang berbasis alam berpotensi tidak mencemari lingkungan (Yolanda *et al.*, 2022). Upaya pengurangan penggunaan bahan kimia pencemar lingkungan memerlukan inovasi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satunya dengan mengganti bahan kimia yang terkandung dalam baterai dengan memanfaatkan limbah atau biomassa

(Salafa *et al.*, 2020). Limbah baterai sangat berbahaya jika tidak ada tindak perbaikan secara terus menerus, lingkungan akan semakin tercemar.

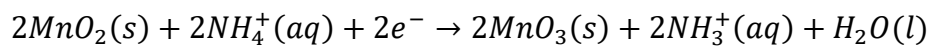
Adapun struktur sel kering mangan (Baterai Kering)

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

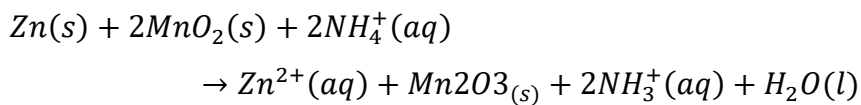
Adapun reaksi yang terjadi pada baterai:



b. Katoda (reaksi reduksi) :



c. Reaksi total (Redoks) :



(Nasution, 2021)

2. 1. 6 *Alternative Energy*

Energi memiliki peran yang sangat penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi serta pengembangan sumber daya manusia, dan menjadi kebutuhan utama bagi seluruh makhluk hidup demi kelangsungan hidupnya. Selama ini, bahan bakar minyak atau energi fosil menjadi sumber energi utama dalam pembangkit listrik. Namun, sumber energi ini bersifat terbatas dan tidak dapat diperbarui (*non-renewable energy sources*). Seiring berjalannya waktu, kebutuhan energi yang terus meningkat akan menyebabkan sumber energi konvensional menipis, sehingga pemanfaatan energi alternative menjadi semakin penting (Yuwono *et al.*, 2021).

Istilah energi alternatif biasanya merujuk pada sumber energi seperti tenaga surya, angin, dan air, yang merupakan sumber daya terbarukan dan ramah lingkungan. Energi ini menjadi pilihan pengganti bahan bakar fosil tradisional seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Istilah energi alternatif sering digunakan secara bergantian dengan energi terbarukan atau energi bersih, karena sumbernya tidak akan habis dan dapat digunakan secara berkelanjutan. Sebaliknya, bahan bakar fosil membutuhkan waktu jutaan tahun terbentuk kembali setelah digunakan (Yuwono *et al.*, 2021).

Energi alternatif sebagai pengganti energi konvensional yang bersumber dari bahan bakar fosil. Energi terbarukan dianggap lebih berkelanjutan karena berasal dari sumber alam yang selalu tersedia. Pemanfaatan energi terbarukan dan energi alternatif menjadi sangat penting untuk menghadapi keterbatasan sumber daya seperti minyak dan batu bara. Peningkatan jumlah penduduk dan pertumbuhan industri juga menyebabkan kebutuhan listrik terus meningkat, sehingga mendorong pengembangan berbagai bentuk energi alternatif (Yuwono *et al.*, 2021).

2. 1. 7 *Alternative Electricity*

Permasalahan terkait penyediaan sumber listrik masih sering terjadi, khususnya di daerah pedesaan yang belum seluruhnya menikmati akses listrik secara merata. Kondisi ini berdampak pada terganggunya aktivitas masyarakat juga berpengaruh terhadap kebutuhan energi listrik. Semakin tinggi aktivitas ekonomi, maka permintaan terhadap energi listrik akan meningkat secara signifikan. Energi listrik memiliki peranan vital dalam kehidupan sehari-hari, baik di rumah tangga maupun sektor bisnis. Oleh karena itu, penelitian mengenai energi alternatif menjadi sangat penting untuk mengimbangi peningkatan konsumsi energi listrik (Sigalingging dan Sitorus, 2024).

Energi terbarukan memiliki kontribusi besar dalam penyediaan energi listrik alternatif. Salah satu cara untuk menghasilkan energi listrik melalui pembuatan

baterai yang bekerja berdasarkan reaksi elektrokimia antara dua elektroda dan larutan elektrolit, yang kemudian menghasilkan arus serta tegangan listrik. Ketika dua elektroda dimasukkan ke dalam larutan elektrolit, akan terbentuk ion-ion yang bergerak dan memicu transfer elektron dari anoda ke katoda, sehingga menghasilkan arus listrik. Besarnya energi listrik yang dihasilkan bergantung pada jenis larutan elektrolit, bahan elektroda, serta dimensi elektroda yang digunakan. Oleh sebab itu, bio-baterai yang memanfaatkan bahan alami seperti kulit buah sebagai sumber elektrolit dapat menjadi solusi energi listrik berkelanjutan yang ramah lingkungan.

Bio-baterai bekerja dengan memanfaatkan bahan biologis atau anorganik untuk menghasilkan listrik. Prinsip kerjanya melibatkan reaksi elektrokimia antara anoda dan katoda yang memiliki konduktivitas berbeda sehingga menghasilkan beda potensial dan arus listrik. Dalam sistem ini, energi kimia dari bahan aktif dikonversi menjadi energi listrik melalui reaksi reduksi dan oksidasi. Baterai yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dari bahan-bahan alami yang mudah ditemukan di lingkungan sekitar. Secara fungsional, baterai tersebut bekerja seperti baterai konvensional, dengan aluminium (Al) sebagai anoda dan batang karbon sebagai katoda. Karena dibuat dari bahan yang dapat terurai secara alami, bio-baterai ini tidak menimbulkan pencemaran lingkungan dan lebih ramah terhadap ekosistem.

Berdasarkan kajian tersebut, peneliti menyimpulkan bahwa pengolahan baterai bekas dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik alternatif sekaligus menjadi upaya daur ulang terhadap limbah berbahaya. Dalam penelitian ini, baterai dibuat menggunakan bahan alami dari lingkungan sekitar, yaitu aluminium Al sebagai anoda dan batang karbon sebagai katoda. Peneliti menemukan bahwa pengolahan limbah kulit buah naga dapat dijadikan sebagai sumber energi listrik alternatif sebagai bentuk daur ulang terhadap baterai yang merupakan limbah berbahaya bagi manusia.

2. 1. 8 Karakteristik Kulit Buah Naga

Kulit buah naga memiliki kandungan *sianidin 3-ramnosil glukosida 5-glukosida*, *flavonoid*, *thiamin*, *niacin*, *pyridoxine*, *kobalamin*, *fenolik*, *polifenol*, *karoten*, *phytoalbumin*, dan *betalain*. Selain itu kulit buah naga berupa serat yang mengandung karbohidrat sehingga dapat dijadikan media tumbuh bakteri asam laktat untuk menghasilkan asam-asam organik. Kulit buah naga ada yang berwarna merah menyala, merah gelap, dan kuning, tergantung dari jenisnya. Kulit buahnya agak tebal, yaitu sekitar 3-4 mm. Kulit buah naga merupakan limbah hasil pertanian yang mengandung zat warna alami *antosianin* cukup tinggi (Terima, 2015). Kulit buah naga putih mengandung vitamin C, *flavonoid*, *fenolik*, *polifenol*, *kroten*, *kobalamin*, *betalain*, *fitoalbumin*, *niacin* dan *tiamin* (Ardiansyah *et al.*, 2022) .

Komponen utama yang terdapat pada kulit buah naga adalah pigmen alamiah betasianin ($C_{24}H_{26}N_2O_{13}$) yang memberikan warna merah keunguan dan berfungsi sebagai antioksidan kuat (Liaotrakoon *et al.*, 2013). Selain itu vitamin C atau asam askorbat ($C_6H_8O_6$) juga ditemukan dalam jumlah signifikan dan berperan sebagai antioksidan alami yang membantu proses regenerasi sel dan memperkuat daya tahan jaringan (Nurliyana *et al.*, 2010). Kulit buah naga juga mengandung air (H_2O) dalam jumlah tinggi sebagai pelarut utama dalam jaringan, serta serat alami seperti selulosa ($(C_6H_{10}O_5)_n$), hemiselulosa ($(C_5H_8O_4)_n$), dan pektin ($(C_6H_{10}O_7)_n$) yang berperan dalam memberikan struktur, kekuatan, dan fleksibilitas jaringan kulit buah (Arivalagan *et al.*, 2013). Selain itu, terdapat senyawa fenolik dan flavonoid, termasuk antosianin ($C_{15}H_{11}O_6^+$), asam ferulat ($C_{10}H_{10}O_4$), dan asam galat ($C_7H_6O_5$) yang diketahui memiliki aktivitas antioksidan tinggi serta berperan dalam menjaga stabilitas warna (Wu *et al.*, 2006).

Gula sederhana seperti glukosa ($C_6H_{12}O_6$), fruktosa ($C_6H_{12}O_6$), dan sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) juga terdapat dalam kulit buah naga dan berfungsi memberikan rasa manis serta sumber energi alami. Kandungan mineral seperti kalsium (Ca),

magnesium (Mg), besi (Fe), kalium (K), dan natrium (Na) turut berperan dalam menjaga kestabilan osmotik dan aktivitas enzimatik (Jaafar et al., 2009).

Kombinasi berbagai senyawa kimia tersebut menjadikan kulit buah naga memiliki nilai fungsional tinggi dan berpotensi digunakan dalam bidang pangan, farmasi, serta bioteknologi. Keunggulan kulit buah naga merah adalah kaya *polifenol* sebagai sumber antioksidan yang baik. Ekstrak etanol kulit buah naga super merah memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat, dimana kadar total *antosianin* pada ekstrak kulit buah diduga jenis *sianidin* (Ginting dan Andry, 2023). Sifat fisikokimia kulit buah naga ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisikokimia Kulit Buah Naga

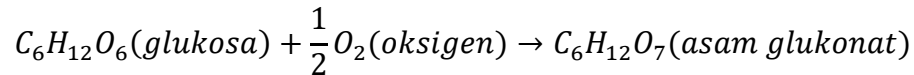
Karakteristik	Buah Naga Berdaging Putih	Buah Naga Berdaging Merah
pH	4.68 ± 0.005 ^{ab}	4.65 ± 0.004 ^{ab}
Dry Matter (g/100 g)	9.19 ± 0.24 ^{ab}	6.55 ± 0.28 ^{ab}
Vitamin C (mg/100 g)	5.06 ± 0.17 ^{ab}	12.95 ± 0.09 ^{ab}
Betacyanin (mg/100 g)	10.19 ± 0.24 ^{ab}	19.98 ± 0.32 ^{ab}
Colour Parameter		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

(Liaotrakoon, 2013)

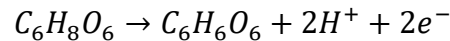
Nilai pH (4,7) dan bahan kering (7-9 g/100 g berat segar) dari kedua kulit buah naga merah memiliki nilai yang sebanding. Jumlah vitamin C yang terdapat di kulit buah naga merah dengan dengan daging merah adalah sekitar dua setengah kali lebih tinggi dibandingkan dengan buah naga yang berdaging putih (13 mg/100 g dibandingkan dengan 5 mg/100 g). Tidak ada perbedaan signifikan terkait nilai L (kecerahan) dan a (tingkat kemerahan) antara kedua kulit buah naga merah, sementara nilai b (tingkat kekuningan) pada kulit buah naga berdaging merah lebih tinggi daripada kulit buah berdaging putih (Liaotrakoon, n.d. 2013).

Cara kerja dan reaksi kimia biobaterai yang menggunakan kulit buah naga adalah sebagai berikut.

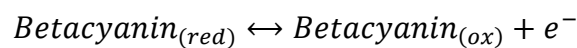
Oksidasi glukosa



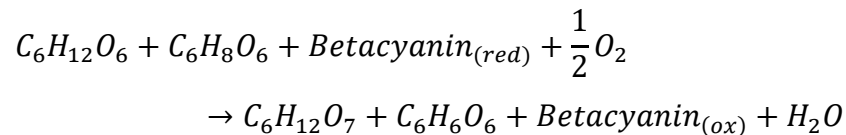
Oksidasi vitamin C (asam askorbat)



Peran betasianin sebagai mediator



Reaksi Keseluruhan:



Dari reaksi secara keseluruhan, dapat dilihat bahwa: 1) Glukosa ($C_6H_{12}O_6$) mengalami reaksi oksidasi di anoda dan berubah menjadi asam glukonat ($C_6H_{12}O_7$) sambil melepaskan elektron (e^-) dan ion hidrogen (H^+). 2) Vitamin C atau asam askorbat ($C_6H_8O_6$) juga mengalami oksidasi menjadi asam dehidroaskorbat ($C_6H_6O_6$), yang berkontribusi menambah jumlah elektron dalam sistem biobaterai. 3) Betasianin yang berada dalam keadaan tereduksi $Betacyanin_{(red)}$ berubah menjadi bentuk teroksidasi $Betacyanin_{(ox)}$ dan berperan sebagai mediator elektron, membantu proses transfer elektron antara senyawa organik dan elektroda. 4) Oksigen (O_2) dari udara mengalami reduksi di katoda dengan menerima elektron dan ion H^+ , membentuk air (H_2O).

Proses tersebut menunjukkan bahwa kulit buah naga merah dapat menghasilkan energi listrik melalui reaksi redoks alami yang terjadi antar senyawa organik dan oksigen. Semakin tinggi kandungan glukosa, vitamin C, dan betasianin, maka semakin besar pula kemampuan kulit buah naga dalam menghantarkan ion dan elektron, sehingga meningkatkan konduktivitas dan tegangan listrik biobaterai.

2. 1. 9 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

Lembar kerja peserta didik (LKPD) merupakan salah satu jenis alat bantu pembelajaran. Lembar kegiatan peserta didik (*student worksheet*) adalah lembaran-lembaran yang berisi tugas yang biasanya berupa petunjuk atau langkah-langkah yang berisi tugas berupa petunjuk untuk menyelesaikan tugas yang harus dikerjakan peserta didik (Khalifah *et al.*, 2021). LKPD merupakan suatu bahan ajar cetak yang berisi ringkasan materi, petunjuk kegiatan pembelajaran, tugas, dan latihan soal evaluasi yang diimplementasikan dalam aktivitas siswa untuk mencapai standar kompetensi tertentu (Indah Monica *et al.*, 2023). LKPD biasanya berupa lembaran-lembaran tugas yang harus dikerjakan oleh peserta didik (Dyah Wulandari *et al.*, 2022). LKPD yang digunakan sangat menentukan pencapaian setiap kompetensi dasar yang ditetapkan. LKPD yang memenuhi kriteria baik akan melahirkan sebuah proses pembelajaran yang efektif. namun sebaliknya, apabila LKPD kurang sesuai dengan kriteria maka akan timbul berbagai permasalahan dalam pembelajaran. LKPD yang digunakan hendaknya tidak hanya membantu proses pembelajaran namun melihat secara utuh ketercapaian kompetensi dasar yang dikembangkan (Batubara dan Siregar, 2024).

Adapun manfaat LKPD adalah dapat membantu guru untuk mengarahkan siswa agar mampu menemukan konsep-konsep baik dengan aktivitas sendiri atau kelompok, dapat digunakan untuk mengembangkan keterampilan proses, sikap ilmiah, dan menumbuhkan minat siswa terkait dengan alam sekitarnya, serta dapat mempermudah guru untuk menilai keberhasilan peserta didik dalam mencapai sasaran pembelajaran (Krismona Arsana dan Sujana, 2021).

LKPD dapat memberikan dukungan kepada peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam kegiatan belajar karena berisi aktivitas yang melibatkan peserta didik (Rahmatin *et al.*, 2022). Melalui berbagai aktivitas yang terdapat dalam LKPD, pemahaman peserta didik ditingkatkan guna mengembangkan keterampilan dasar yang sesuai dengan indikator pencapaian belajar yang perlu dipenuhi. Sehingga

dalam hal ini, penyusunan LKPD harus yang selaras dengan kompetensi dasar agar tujuan pengajaran dapat dicapai dengan efektif.

2. 1. 10 *Project Based Learning-STEM (PjBL-STEM)*

Pembelajaran berbasis proyek muncul dari gerakan pendidikan progresif dan reformasi dalam pendidikan sains yang bersifat konstruktivis sejak 1908. Dewey bersama pendidikan progresif lainnya membangun dasar kurikulum dan psikologi untuk model pembelajaran ini, dengan prinsip utama seperti fokus pada kebutuhan anak, belajar melalui praktik, dan penerapan pembelajaran di rumah (Diawati *et al.*, 2017). Pembelajaran PjBL-STEM adalah bentuk pembelajaran yang kontekstual, berlandaskan pada pertanyaan atau tantangan yang merangsang, yang melibatkan siswa dalam pemilihan topik, pertimbangan metode, perancangan, penyelesaian masalah, pengambilan keputusan, memberi peluang untuk bekerja dengan relativitas independen dalam waktu yang cukup lama, dan menghasilkan produk nyata yang berkaitan dengan permasalahan tersebut (Diawati *et al.*, 2017).

Model PjBL-STEM adalah model pembelajaran yang dapat mendorong peserta didik untuk aktif belajar secara berkolaborasi untuk memecahkan masalah sehingga dapat mengkonstruksi inti pelajaran dari temuan-temuan dalam tugas atau proyek yang dilakukan. Model ini digunakan untuk melatih peserta didik melakukan analisis terhadap permasalahan, kemudian melakukan eksplorasi, mengumpulkan informasi, interpretasi, dan penilaian dalam mengerjakan proyek yang terkait dengan permasalahan yang dikaji (Widodo Heny *et al.*, 2020). Peserta didik berpartisipasi aktif dalam pembelajaran melalui model PjBL dengan membangun pengetahuan sendiri dan mencari cara untuk mengatasi masalah yang ada di dunia nyata. Setiap anggota kelompok memiliki tanggung jawab tersendiri dalam menyelesaikan proyek, sehingga tidak ada yang dianggap menumpang kepada anggota kelompok lainnya (Sucipto, 2017).

PjBL-STEM tidak hanya fokus pada menghafal teori atau rumus, tetapi lebih mengutamakan keterampilan analitis dan kritis peserta didik dalam menilai informasi untuk menyelesaikan masalah melalui proyek (Merdeka *et al.*, 2023). Proyek yang termasuk adalah tugas yang diberikan oleh pendidik, yang berhubungan dengan masalah atau pertanyaan yang kompleks. Inisiatif ini peserta didik terlibat dalam berbagai proses seperti inovasi, analisis masalah, serta pengambilan keputusan, atau aktivitas investigasi. Ini memberikan mereka tingkat otonomi selama durasi tertentu, di mana mereka didorong untuk mengumpulkan informasi dari pengalaman mereka dalam konteks dunia nyata (Yunianta. T.N.H., 2012).

Laboy, Rush (2010) menjelaskan bahwa pembelajaran berbasis proyek terdiri dari enam tahapan pembelajaran, yaitu *orefction, research, discovery, application, and communication*. Sebagian besar proyek peserta didik biasanya dilaksanakan di luar kelas. Selama proses proyek, peserta didik berkonsultasi secara berkala dengan guru mengenai rencana, kemajuan, dan kendala yang dihadapi dalam proyek. Peran guru dalam pembelajaran berbasis proyek adalah sebagai fasilitator, penasihat, pembimbing, dan pengawas peserta didik. Tahapan-tahapan dalam melaksanakan model *project based learning-STEM*, yaitu sebagai berikut.

Tabel 2. Sintaks Model PjBL-STEM

Sintaks	Aktivitas
<i>Reflection</i>	Peserta didik mengidentifikasi permasalahan yang berhubungan dengan limbah kulit buah.
<i>Research</i>	Peserta didik mencari informasi pembelajaran mengenai alat yang digunakan dalam pembuatan produk yang dijasikan solusi untuk permasalahan yang diangkat oleh siswa.
<i>Discovery</i>	Peserta didik melakukam diskusi bersama kelompoknya untuk menemukan dan menentukan solusi terbaik untuk mengatasi permasalahan.
<i>Application</i>	Peserta didik membuat produk yang telah direncanakan bersama kelompoknya masing-masing, dan menguji produk.
<i>Communication</i>	Peserta didik mempresentasikan dan mendokumentasikan produk yang telah dibuat.

(Laboy Rush, 2010)

Pembelajaran berbasis proyek diharapkan memberikan peserta didik pengalaman belajar yang lebih berarti dan membantu mereka mengingat informasi dalam jangka panjang. Melalui model PjBL-STEM, proses belajar dilakukan dengan cara langsung, yang memungkinkan peserta didik mengembangkan keterampilan yang dimiliki peserta didik. Keterampilan yang dibutuhkan tidak hanya berpikir kritis dalam pengerjaan proyek, menyusun jadwal pembuatan proyek, keterampilan berkolaborasi, keterampilan presentasi hasil proyek, keterampilan mengajukan pendapat, pertanyaan, serta solusi terhadap masalah tertentu.

2. 1. 11 Keterampilan Berpikir Kritis

Keterampilan berpikir kritis adalah salah satu keterampilan yang penting untuk dipelajari dan ditingkatkan. Diharapkan selama proses belajar, peserta didik dapat mengembangkan sikap ilmiah dan keterampilan untuk memecahkan masalah dengan baik pada saat proses pembelajaran di kelas maupun dalam menghadapi tantangan nyata dalam kehidupan (Puspita dan Dewi, 2021). Keterampilan berpikir kritis akan membantu peserta didik mampu membuat keputusan atau tindakan terhadap permasalahan yang dihadapi (Firdaus dan Wilujeng, 2018). Peserta didik dengan keterampilan berpikir kritis memiliki kemampuan memecahkan masalah yang tinggi daripada peserta didik dengan kemampuan berpikir kritis rendah (Hunaepi *et al.*, 2020).

Mendorong peserta didik untuk mengembangkan serta menilai keyakinan dan pendapat pribadi mereka, keterampilan berpikir kritis merupakan kemampuan yang terstruktur dalam menilai dan mengurai informasi. Proses berpikir kritis terdiri dari enam kemampuan utama, diantaranya adalah interpretasi, analisis, evaluasi, *inference*, penjelasan, regulasi diri (Facione *et al.*, 1998). Sumber informasi yang dapat dimanfaatkan meliputi pengamatan, pengalaman, proses deduksi dan induksi, serta komunikasi. Keterampilan berpikir kritis menunjukkan karakter khusus yang dapat diidentifikasi dengan melihat bagaimana seseorang menangani masalah informasi dan argumen karakter terlihat

dalam cara mereka bertindak, berdebat, dan memanfaatkan pengetahuan dan pengetahuan mereka.

Keterampilan berpikir kritis adalah seni menganalisis gagasan berdasarkan penalaran logis. Berpikir kritis bukanlah berpikir lebih keras, melainkan lebih baik. Seseorang yang mengasah keterampilan berpikir kritis biasanya memiliki tingkat keingintahuan (*intellectual curiosity*) yang tinggi. Oleh karena itu, sangat penting untuk diterapkan dalam kegiatan pembelajaran.

Norris dan Ennis (Stiggins, R. J., dan Conklin, 1997) menyarankan agar kita dapat menangkap esensi dari “berpikir kritis” dalam lima langkah:

- 1) Mengklarifikasi isu dengan mengajukan pertanyaan-pertanyaan kritis
- 2) Mengumpulkan informasi penting mengenai isu tersebut
- 3) Mulai berpikir secara logis melalui berbagai sisi atau sudut pandang
- 4) Mengumpulkan informasi klarifikasi dan melakukan analisis lebih lanjut jika diperlukan
- 5) Membuat dan mengomunikasikan keputusan

Indikator yang digunakan pada penelitian ini adalah indikator berpikir kritis menurut Norris dan Ennis (Stiggins, R. J., dan Conklin, 1997) , yaitu: melakukan klarifikasi dasar terhadap masalah, mengumpulkan informasi dasar, membuat kesimpulan, melakukan klarifikasi lanjutan, dan mendapatkan kesimpulan terbaik. Secara lebih rinci, indikator keterampilan berpikir kritis menurut Norris dan Ennis (Stiggins, R. J., dan Conklin, 1997) tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Kerangka Berpikir menurut Norris dan Ennis (Stiggins, R. J., dan Conklin, 1997)

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

Kerangka berpikir kritis yang dikembangkan oleh Norris dan Ennis menggambarkan proses penalaran yang kompleks dan melibatkan berbagai tahapan yang terintegrasi. Untuk menilai penalaran menurut kerangka kerja Norris dan Ennis, kita membutuhkan suatu asesmen. Penilaian kinerja dapat membantu kita dalam menilai pemikiran kritis, yaitu dengan mengajukan suatu permasalahan kepada peserta didik untuk ditangani secara individu atau kelompok, lalu mengamati prosesnya dari jarak jauh dan menilai kriteria kinerja keterampilan berpikir kritis mereka. Selain itu, kemampuan penalaran peserta didik juga dapat dievaluasi melalui komunikasi langsung dengan menyisipkan pertanyaan strategis saat mereka menghadapi suatu masalah. Dengan kedua pendekatan ini, kemampuan berpikir kritis peserta didik dapat dinilai secara menyeluruh.

2. 1. 12 *Self-Regulated Learning (SRL)*

Menurut Winne (Santrock, 2010), *self-regulated learning (SRL)* adalah kemampuan individu dalam mengekspresikan mengawasi pikiran, emosi, serta

prilakunya untuk mencapai suatu sasaran. Sasaran ini dapat berupa target akademis, seperti meningkatkan pemahaman dalam membaca, menjadi penulis yang baik, mempelajari perkalian, atau mengajukan pertanyaan yang tepat, atau bahkan tujuan sosial dan emosional, seperti mengelola kemarahan dan menjalin kedekatan dengan teman sebaya. Pelajar yang memiliki kemampuan regulasi diri cenderung memiliki tujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan menjaga motivasi, memiliki kesadaran terhadap perasaan mereka serta strategi untuk mengatur emosi, secara teratur mengecek kemajuan menuju sasaran mereka, menyelesaikan atau mengubah strategi berdasarkan kemajuan yang didapat, serta mengevaluasi hambatan yang mungkin muncul dan melakukan penyesuaian yang diperlukan (Aisyah, 2020).

Self-regulated learning adalah proses aktif dan konstruktif peserta didik dalam menetapkan tujuan untuk proses belajarnya dan berusaha untuk memonitor, meregulasi, dan mengontrol kognisi, motivasi, dan perilaku, yang kemudian semuanya diarahkan dan didorong oleh tujuan dan mengutamakan konteks lingkungan. Peserta didik yang mempunyai *self-regulated learning* tinggi adalah peserta didik yang secara metakognitif, motivasional, dan behavioral merupakan peserta aktif dalam proses belajar.

Zimmerman (1990) menyatakan bahwa strategi SRL terdiri dari pengorganisasian, transformasi, pengulangan, hafalan, penetapan tujuan, dan perencanaan yang berfokus pada optimalisasi pengaturan diri pribadi; penilaian diri dan finalisasi diri dalam mengembangkan fungsionalitas perilaku; dan pengumpulan pencatatan, dan pemantauan informasi, penataan lingkungan, pencarian dukungan sosial, dan peninjauan strategi pencatatan yang berfokus pada peningkatan lingkungan.

Melalui SRL peserta didik dapat menyadari hubungan antara cara berpikir dan tindakan mereka. SRL juga dapat mengubah cara peserta didik melihat hasil belajar sebagai sebuah keterampilan yang akan digunakan untuk menganalisis tugas-tugas belajar, menetapkan tujuan, serta merencanakan langkah-langkah dalam menyelesaikan tugas tersebut. Selain itu, peserta didik akan menerapkan

keterampilan dan mengambil keputusan penting mengenai cara mereka melakukan pembelajaran (Ghimby, 2022).

Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa *self-regulated learning* mencakup indikator yang saling terikat dan diperlukan untuk memecahkan masalah kompleks serta berinovasi di dunia nyata. Dengan menguasai indikator ini, peserta didik dapat berkontribusi secara efektif dalam bidang-bidang yang semakin penting dalam era teknologi. Oleh karena itu, sangat penting untuk diterapkan dalam kegiatan pembelajaran. Menurut Zimmerman (1990), *self-regulated learning* meliputi tiga indikator yaitu metakognisi, motivasi, dan perilaku.

a. Metakognisi

Metakognisi adalah kemampuan individu dalam merencanakan, mengorganisasi atau mengatur, menginstruksikan diri, memonitor dan melakukan evaluasi dalam aktivitas belajar, aspek metakognisi dalam *self-regulated learning* mengacu pada proses pembuatan keputusan yang mengatur pemilihan dan penggunaan jenis pengetahuan.

b. Motivasi

Motivasi merupakan fungsi dari kebutuhan dasar untuk mengontrol dan berkaitan dengan perasaan kompetensi yang dimiliki setiap individu. Menurut Zimmerman, (1989) motivasi merupakan pendorong (*drive*) yang ada pada individu dalam mengorganisir aktivitas belajarnya. Aspek motivasi mengacu pada komponen-komponen yang meliputi (1) komponen harapan (*an expectancy component*), yakni keyakinan peserta didik mengenai kemampuannya dalam mengerjakan suatu tugas, (2) komponen nilai, meliputi tujuan dan keyakinan mengenai pentingnya minat terhadap suatu tugas, (3) komponen afeksi, yakni reaksi emosional terhadap suatu tugas.

c. Perilaku

Perilaku merupakan upaya individu untuk mengatur diri, menyeleksi, dan memanfaatkan lingkungan maupun menciptakan lingkungan yang mendukung aktivitas belajar, komponen perilaku yang mengacu pada perilaku nyata yang

muncul dalam interaksinya dengan lingkungan dalam rangka mencapai tujuan aktivitas belajar.

Indikator *self-regulated learning* yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada teori Zimmerman (1990) yang terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Indikator *Self-Regulated Learning*

No	Indikator <i>Self-regulated Learning</i>	Sub Indikator <i>Self-Regulated Learning</i>
1	Metakognisi	Kemampuan individu untuk melakukan pengelolaan diri meliputi merencanakan, mengorganisasi, mengukur diri, dan mengintruksi diri.
2	Motivasi	Perubahan energi dalam diri seseorang yang ditandai dengan adanya perubahan feeling dan didahului tanggapan terhadap adanya tujuan.
3	Perilaku	Perilaku erat kaitanya dengan hubungan kegiatan individu memilih, menyusun, dan menciptakan lingkungan sosial dan fisik seimbang.

2. 1. 13 Hubungan *Self-Regulated Learning* dan Keterampilan Berpikir Kritis

Self-Regulated Learning (SRL) merupakan suatu pendekatan pembelajaran di mana peserta didik secara aktif mengelola dan mengontrol proses belajar mereka sendiri dengan tujuan mencapai hasil belajar yang optimal. Konsep ini menekankan peran individu dalam merencanakan strategi belajar, memonitor pemahaman, mengevaluasi hasil yang dicapai, dan melakukan modifikasi strategi apabila diperlukan. Keterampilan berpikir kritis adalah kemampuan berpikir yang terstruktur, reflektif, dan logis dalam menganalisis, mengevaluasi, serta menyimpulkan informasi atau masalah secara objektif.

Terdapat hubungan positif dan signifikan antara *Self-Regulated Learning* dan keterampilan berpikir kritis. Peserta didik yang mampu mengatur proses belajar mereka secara mandiri, seperti merencanakan strategi belajar, memantau keefektifan strategi, dan mengevaluasi hasil belajar, memiliki kemampuan yang lebih baik dalam melakukan analisis, evaluasi, dan sintesis informasi komponen

inti dari berpikir kritis. Penelitian kuantitatif menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan SRL secara langsung berdampak pada kemampuan siswa dalam berpikir kritis, terutama melalui pengembangan kemampuan metakognitif yang mendorong refleksi diri dan pengambilan keputusan berbasis data. Selain itu, integrasi SRL dalam proses pembelajaran mendorong pembentukan kebiasaan berpikir yang sistematis, logis, dan kritis, yang selanjutnya meningkatkan kemampuan peserta didik untuk memecahkan masalah kompleks, berargumentasi secara rasional, dan menghasilkan keputusan yang efektif. Dengan demikian, pengembangan SRL bukan hanya meningkatkan kemampuan belajar mandiri, tetapi juga menjadi fondasi penting dalam menumbuhkan keterampilan berpikir kritis, yang menjadi kebutuhan utama dalam pendidikan abad ke-21 (Brenner *et al.*, 2021).

2.2 Penelitian yang relevan

Dalam penelitian ini, peneliti merujuk pada beberapa studi yang relevan sebagai sumber referensi yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Penelitian relevan

Nama Peneliti	Nama Jurnal	Judul Artikel	Hasil Penelitian
(Dayanti <i>et al.</i>, 2022)	<i>Al-Hijr: Journal of Adulearn world</i>	<i>Analysis of the Effectiveness of LKPD Based on Project Based Learning (PjBL) to Stimulate Students' Critical Thinking</i>	Penelitian ini menemukan bahwa LKPD berbasis efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Penggunaan LKPD yang terintegrasi dengan proyek dan aktivitas nyata membantu peserta didik menguasai konsep dan mengembangkan kemampuan berpikir kritis secara signifikan.
(Huda <i>et al.</i>, 2024)	<i>International Journal of Educational Research Excellence (IJERE)</i>	<i>Implementing Project-Based Learning to Enhance Critical Thinking Skills in High School Students</i>	Penelitian ini menunjukkan bahwa PjBL di SMA 6 Jakarta meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik secara signifikan. Respon siswa terhadap pembelajaran positif dan terdapat peningkatan kemampuan berpikir kritis yang nyata.
(Wu, 2024)	<i>Heliyon</i>	<i>Unveiling the dynamics of self-regulated learning in</i>	Penelitian ini menemukan bahwa PjBL memfasilitasi perilaku <i>self-regulated learning</i> (SRL) dan memperkuat koneksi antar fase

		<i>project-based learning environments</i>	regulasi diri. Studi ini mengidentifikasi profil pembelajaran berbeda dan lintasan perkembangan SRL dalam pembelajaran berbasis proyek. Disarankan <i>scaffolding</i> dan intervensi metakognitif untuk mendukung SRL secara optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PjBL efektif meningkatkan <i>self-regulated learning</i> dan berpikir kreatif siswa pada topik energi terbarukan. Faktor pendukung dan hambatan diidentifikasi, dengan hasil uji t signifikan pada SRL dan berpikir kreatif. Lingkungan belajar mendukung keberhasilan.
(Windyaningsi wi et al., 2025)	Physics Communication	<i>Analysis of Students Self-Regulated Learning and Creative Thinking Through the Project-Based Learning Model on Renewable Energy Topics</i>	
(Atmojo et al., 2023)	Mimbar Sekolah Dasar, universitas Pendidikan Indonesia	<i>The Relationship between Self-Regulated Learning and Students' Critical Thinking Skills</i>	Penelitian ini menunjukkan bahwa hubungan positif dan signifikan antara <i>self-regulated learning</i> (SRL) dengan keterampilan berpikir kritis peserta didik. SRL memberikan penguatan diri dalam pencapaian akademik, khususnya kemampuan memecahkan masalah dengan berpikir kritis. Peserta didik mampu mengatur proses belajar secara mandiri cenderung memiliki keterampilan berpikir kritis yang lebih baik.

2.3 Kerangka Pemikiran

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keefektifan penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *self-regulated learning* (SRL) peserta didik SMA pada materi *alternative energy*. Latar belakang penelitian ini berawal dari masih rendahnya kemampuan berpikir kritis dan *self-regulated learning* peserta didik dalam proses pembelajaran, sehingga diperlukan model pembelajaran yang dapat meningkatkan keduanya.

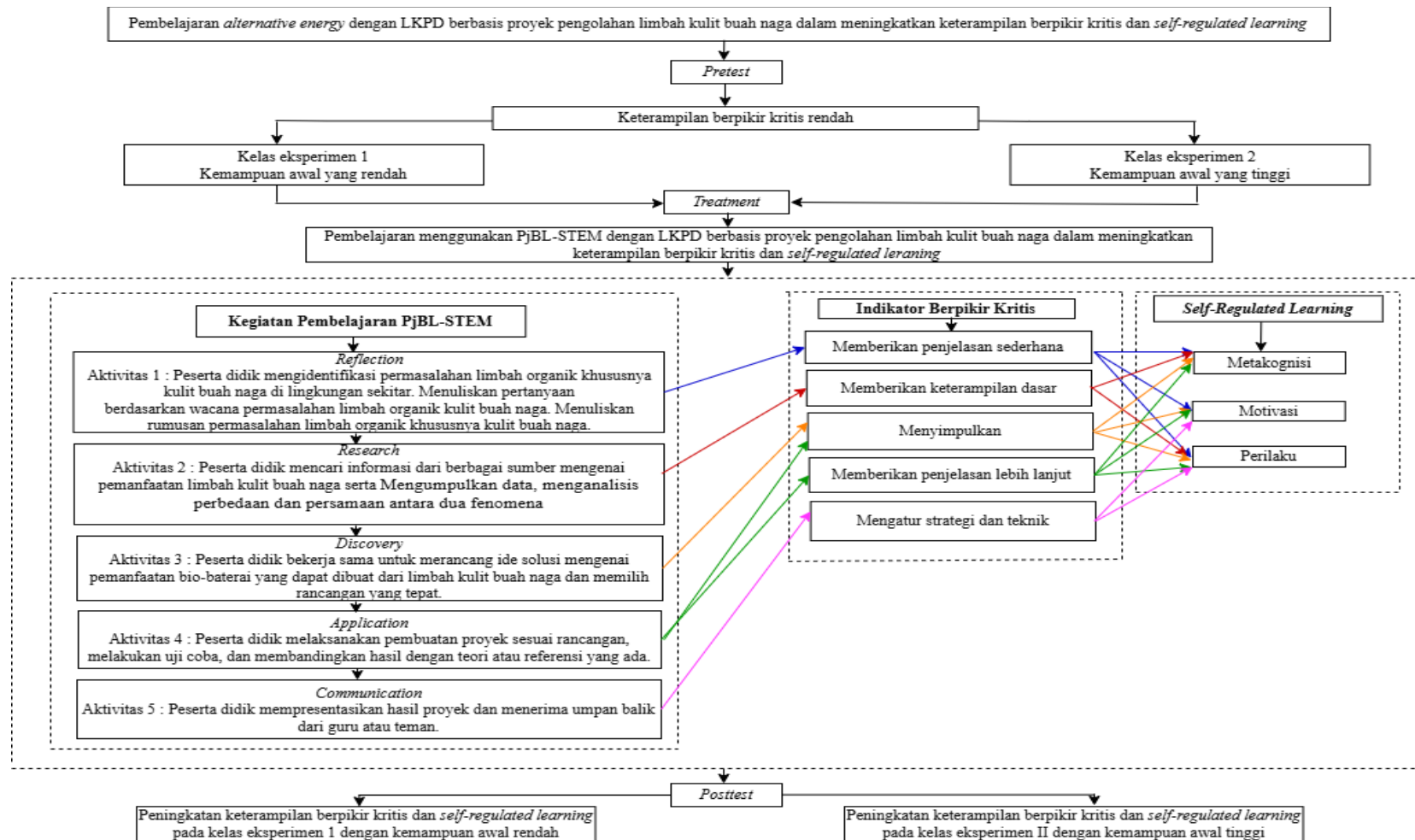
Sebelum diberikan perlakuan, dilakukan *pretest* untuk mengetahui kemampuan awal berpikir kritis peserta didik. Berdasarkan hasil *pretest*, terdapat dua kelas eksperimen yang memiliki kemampuan awal berbeda, yaitu kelas eksperimen I

dengan kemampuan awal tinggi dan kelas eksperimen 2 dengan kemampuan awal rendah. Kedua kelas memperoleh perlakuan yang sama, yaitu pembelajaran menggunakan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga dengan model pembelajaran PjBL-STEM. Perbedaan kemampuan awal ini digunakan untuk melihat sejauh mana keefektifan model pembelajaran PjBL-STEM dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada peserta didik dengan karakteristik awal yang berbedaa.

Proses pembelajaran melalui PjBL-STEM terdiri dari lima tahapan utama, yaitu *Reflection*, *Research*, *Discovery*, *Application*, dan *Communication*. Pada tahap *Reflection*, peserta didik mengidentifikasi permasalahan limbah organik khususnya kulit buah naga di lingkungan sekitar dan merumuskan pertanyaan kritis berdasarkan permasalahan tersebut. Tahap *Research* mendorong peserta didik mencari informasi dari berbagai sumber tentang pemanfaatan limbah kulit buah naga serta mengumpulkan data, menganalisis perbedaan dan persamaan antara dua fenomena, serta menyusun argumen ilmiah. Selanjutnya, pada tahap *Discovery*, peserta didik bekerja sama merancang solusi dengan menentukan rancangan bio-baterai yang akan dibuat dari limbah kulit buah naga. Pada tahap *Application*, peserta didik melaksanakan proyek sesuai rancangan, melakukan uji coba, dan membandingkan hasil dengan teori atau referensi yang ada. Terakhir, pada tahap *Communication*, peserta didik mempresentasikan hasil proyek dan menerima umpan balik dari guru maupun teman.

Setiap tahapan dalam pembelajaran PjBL-STEM ini dirancang untuk meningkatkan berbagai indikator keterampilan berpikir kritis, seperti kemampuan merumuskan masalah, memberikan argumen, melakukan dedukasi, melakukan induksi, melakukan evaluasi, memutuskan dan melaksanakan. Selain itu, pembelajaran juga berkontribusi terhadap peningkatan *self-regulated learning* yang mencakup tiga aspek penting, yaitu metakognisi, motivasi, dan perilaku belajar mandiri.

Setelah perlakuan selesai, kedua kelas diberikan *posttest* untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis pada kedua kelas eksperimen. Dan diberikan angket *self-regulated learning* setelah perlakuan selesai. Hal ini menunjukkan bahwa LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga melalui model pembelajaran PjBL-STEM efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *self-regulated learning* peserta didik meskipun memiliki kemampuan awal yang berbeda. Secara ringkas, kerangka berpikir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

2.4 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut.

H_0 : Tidak ada perbedaan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga.

H_1 : Terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis peserta didik menggunakan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga.

H_0 : LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga tidak efektif untuk melatih *self-regulated learning* peserta didik

H_1 : LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga efektif untuk melatih *self-regulated learning* peserta didik

H_0 : Tidak terdapat perbedaan rata-rata keterampilan berpikir kritis peserta didik berdasarkan kemampuan awal setelah menggunakan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga.

H_1 : Terdapat perbedaan rata-rata keterampilan berpikir kritis peserta didik berdasarkan kemampuan awal setelah menggunakan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga.

H_0 : Tidak terdapat hubungan antara *self-regulated learning* dan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

H_1 : Terdapat hubungan antara *self-regulated learning* dan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMAN 1 Sumberejo pada semester ganjil Tahun Ajaran 2025/2026 yakni pada tanggal 04 November s.d 08 Desember 2025.

3.2 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh siswa siswi kelas X di SMAN 1 Sumberejo, yang terdiri dari delapan kelas. Metode pengambilan sampel yang digunakan adalah teknik *purposive sampling*, dengan pertimbangan capaian akademik peserta didik. Kelas eksperimen pertama dipilih dari kelas dengan capaian akademik lebih rendah, sedangkan kelas eksperimen kedua berasal dari kelas dengan capaian akademik yang relatif lebih tinggi. Berdasarkan teknik tersebut maka penelitian ini menggunakan dua kelas, yaitu kelas XE 1 sebagai kelas eksperimen pertama dan kelas XE 4 sebagai eksperimen kedua. Perbedaan capaian akademik hanya digunakan sebagai dasar pemilihan sampel.

3.3 Variabel Penelitian

Penelitian ini melibatkan dua jenis variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah keefektifan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga, sedangkan variabel terikatnya mencakup hasil belajar keterampilan berpikir kritis dan *self-regulated learning* peserta didik

3.4 Desain Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif eksperimen, yang secara sistematis menginvestigasi bagian-bagian, fenomena, dan hubungan-hubungannya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *quasi eksperimental* dengan desain penelitian *pretest-posttest nonequivalent group design* untuk mengukur keterampilan berpikir kritis. Oleh karena itu, sampel penelitian diberi perlakuan menggunakan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Sementara itu, *self-regulated learning* diukur menggunakan angket yang diberikan setelah perlakuan untuk melatih *self-regulated learning* peserta didik setelah penerapan LKPD berbasis proyek. Penelitian ini menggunakan dua kelas eksperimen dengan diberi perlakuan yang sama, namun memiliki kemampuan awal yang berbeda, hal ini dilakukan untuk melihat perbandingan peningkatan keterampilan berpikir kritis berdasarkan perbedaan kemampuan awal. Berikut adalah desain penelitian pada kelas eksperimen dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Desain Penelitian pada Kelas Eksperimen

O_1 <i>Pretest</i>	X_1 <i>Treatment</i>		Indikator Keterampilan Berpikir kritis	O_2 <i>Posttest</i>
(1)	(2)	Guru	(3)	(4)
Keterampilan berpikir kritis peserta didik rendah	Reflection Mengidentifikasi permasalahan nyata yang ada di lingkungan sekitar.	Menyajikan data, teks, atau gambar tentang dampak limbah organik terhadap lingkungan dan mengarahkan peserta didik untuk mengidentifikasi permasalahan lingkungan yang berkaitan dengan limbah organik khususnya kulit buah naga.	Melakukan klarifikasi dasar terhadap masalah Mengidentifikasi masalah limbah organik kulit buah naga di lingkungan sekitar	Terjadi peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik
	Research Mencari dan mengumpulkan Informasi dari berbagai sumber yang relevan	Membebaskan peserta didik untuk mencari informasi tambahan mengenai limbah kulit buah naga dari berbagai sumber	Mengumpulkan informasi dasar Mengumpulkan informasi untuk menyelesaikan masalah limbah organik kulit buah naga dari berbagai sumber informasi yang kredibel.	

<i>Discovery</i> Merancang ide solusi terkait proyek	Membagi siswa kedalam kelompok untuk mendiskusikan terkait solusi yang bisa menjawab permasalahan yang timbul tentang pemanfaatan limbah kulit buah naga.	Mendiskusikan bersama kelompok untuk <ol style="list-style-type: none">1. Menuliskan rumusan masalah sebagai acuan masalah limbah kulit buah yang terdapat pada wacana.2. Menuliskan gagasan tentang tujuan proyek yang akan dilakukan dalam rangka menyelesaikan masalah limbah kulit buah3. Menentukan dan menuliskan prosedur proyek pengolahan limbah kulit buah naga yang akan dilakukan dengan menggunakan informasi yang telah dikumpulkan4. Menentukan dan menuliskan alat dan bahan yang akan digunakan dalam proyek pengolahan limbah kulit buah naga5. Menggambarkan desain proyek yang akan dibuat beserta rincian tentang fungsi dan kegunaan pada setiap komponen proyek pengolahan limbah kulit buah naga6. Menyusun jadwal kegiatan selama proyek pengolahan limbah kulit buah naga disertai penjelasan kapan, dimana, dan kegiatan apa yang dilakukan7. Menuliskan pembagian tugas dalam kelompok proyek pengolahan limbah kulit buah	Membuat kesimpulan Membuat keputusan dengan informasi yang sudah tersedia
--	---	--	---

<i>Application</i>	Pendidik mendampingi peserta didik dalam proses pembuatan proyek sebagai solusi dalam permasalahan kulit buah naga.	naga disertai deskripsi tugas setiap anggota dengan baik. Membuat produk pengolahan limbah kulit buah naga sesuai dengan prosedur yang telah disusun. Melakukan uji coba produk bio-baterai dengan mempertimbangkan variabel-variabel yang telah dituliskan dengan benar. Menuliskan kendala-kendala yang dihadapi selama mengerjakan proyek pengolahan limbah kulit buah naga.	Melakukan klarifikasi lanjutan
Membuat dan mengembangkan produk proyek berdasarkan ide solusi yang telah dirancang			Mengumpulkan informasi klarifikasi dan analisis lebih lanjut
<i>Communication</i>	Pendidik meminta peserta didik untuk mempresentasikan dan mendemonstrasikan proyek yang telah mereka buat oleh kelompok masing-masing	Mendokumentasikan setiap pelaksanaan kegiatan pembuatan proyek pengolahan limbah kulit buah naga Membuat laporan yang disusun dengan sistematis berdasarkan proyek yang telah dibuat Mempresentasikan hasil proyek.	Mendapatkan kesimpulan terbaik
Mempresentasikan hasil proyek dan menerima umpan balik dari guru atau teman			Membuat dan mengomunikasikan keputusan terbaik

3.5 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Beberapa tahapan prosedur dalam pelaksanaan yang dilakukan pada penelitian kali ini sebagai berikut.

1. Tahap persiapan

Kegiatan yang terdapat pada tahap persiapan meliputi hal berikut.

- a. Mengajukan permohonan izin untuk melaksanakan penelitian di SMAN 1 Sumberejo.
- b. Melakukan wawancara dengan guru fisika di SMAN 1 Sumberejo.
- c. Memilih sampel yang digunakan dalam penelitian.
- d. Menyusun instrumen yang diperlukan untuk penelitian.

2. Tahap pelaksanaan

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

- a. Memberikan soal *pretest* untuk mengukur kemampuan berpikir kritis awal pada peserta didik sebelum diberikan *treatment*.
- b. Memberikan *treatment* kepada peserta didik dengan menggunakan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga.
- c. Memberikan tes akhir berupa *posttest* untuk mengukur peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik.
- d. Memberikan angket *self-regulated learning* kepada peserta didik setelah perlakuan menggunakan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga.

3. Tahap akhir

Kegiatan pada tahap akhir terdiri dari beberapa poin, yaitu:

- a. Melakukan pengolahan data yang berasal dari hasil *pretest* dan *posttest* peserta didik, serta *instrument* pendukung lainnya yang digunakan selama penelitian.
- b. Melakukan perbandingan hasil analisis data dari instrumen tes sebelum (*pretest*) dan sesudah (*posttest*) perlakuan untuk menentukan apakah

terdapat perbedaan signifikan dalam peningkatan keterampilan berpikir kritis.

- c. Menyimpulkan hasil penelitian berdasarkan analisis data yang telah diperoleh, kemudian menyusun laporan penelitian secara sistematis sebagai dokumentasi hasil penelitian.

3.6 Instrumen Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data

3.6.1 Keterampilan Berpikir Kritis

Instrumen yang digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik adalah lembar tes, memiliki format soal esai yang terdiri atas beberapa butir soal yang disusun berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis menurut Norris dan Ennis (Stiggins, R. J., dan Conklin, 1997).

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan memberikan tes tertulis berupa soal uraian. Tes tertulis diberikan kepada peserta didik pada saat *pretest* dan *posttest* dengan soal yang serupa. Selanjutnya, akan diperoleh nilai rata-rata *N-Gain* yang bertujuan untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada kelas eksperimen. Penilaian ini menggunakan rumus:

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum}} \times 100$$

3.6.2 *Self-Regulated Learning*

Instrumen yang digunakan untuk mengukur *self-regulated learning* adalah lembar angket. Perancangan lembar angket menggunakan skala likert yang diadaptasi dari Sugiyono, (2013) dan mencakup indikator SRL yang mengacu pada teori Zimmerman, (1990).

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara memberikan angket *self-regulated learning* kepada peserta didik pada saat sesudah pembelajaran. Pengisian angket dilakukan secara individu oleh peserta didik dengan tujuan untuk memperoleh data untuk melatih *self-regulated learning* mereka setelah mengikuti pembelajaran.

Skoring pada jawaban pada setiap kelompok-kelompok pernyataan adalah untuk pernyataan positif, skoring dilakukan sebagai berikut: jawaban Sangat Setuju (SS) mendapatkan nilai skor 4, jawaban Setuju (S) memperoleh nilai skor 3, jawaban Kurang Setuju (KS) mendapatkan nilai skor 2, dan jawaban Tidak Setuju (TS) mendapatkan nilai skor 1. Sedangkan, untuk pernyataan negatif, skoringnya adalah: jawaban Sangat Setuju (SS) diberi nilai skor 1, jawaban Setuju (S) diberi nilai skor 2, jawaban Kurang Setuju (KS) memperoleh skor 3, dan jawaban Tidak Setuju (TS) diberi nilai skor 4. Instrument untuk mengukur *self-regulated learning* terbagi dalam indikator, *metacognitive, motivation, and behavior*.

Skor yang diperoleh dari hasil pengisian angket *self-regulated learning* oleh peserta didik kemudian dikonversi menjadi nilai dalam bentuk presentase. Rumus yang digunakan dalam menghitung skor akhir mengacu pada pendapat Arikunto (2011), yaitu sebagai berikut:

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum}} \times 100$$

Nilai hasil perhitungan peserta didik kemudian dikategorikan ke dalam beberapa tingkatan. Kriteria penilaian untuk setiap data yang diperoleh berdasarkan pada batasan yang telah diungkapkan oleh Arikunto, (2013) yaitu:

Tabel 7. Kriteria Interval Skor

Interval Skor	Kategori
81%-100%	Sangat Tinggi
61%-80%	Tinggi
41%-60%	Sedang
21%-40%	Rendah
< 21%	Sangat Rendah

(Arikunto, 2011)

3.6.3 Analisis Keterlaksanaan LKPD

Data hasil analisis keterlaksanaan LKPD diperoleh dari rata-rata penilaian yang diberikan berdasarkan hasil kerja peserta didik. Hasil penelitian tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode analisis presentase, sesuai dengan yang diungkapkan oleh (Arikunto, 2011).

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

Hasil presentase dari data penilaian yang diperoleh dikonvensi menggunakan kriteria yang diadaptasi dari Arikunto (2011).

Tabel 8. Kriteria Keterlaksanaan Pembelajaran menggunakan LKPD

Presentase	Kategori
0%-20%	Tidak Baik
20,1%-40%	Kurang Baik
40,1%-60%	Cukup Baik
60,1%-80%	Baik
80,1%-100%	Sangat Baik

(Arikunto, 2011)

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

Tabel 9. Hasil Ketercapaian Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

No	Tahap Pembelajaran	Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	Total Skor	Skor Maksimal	Persentase	Kategori
1	<i>Reflection</i>	Melakukan Klarifikasi Dasar	200	232	86.21%	Sangat Baik
2	<i>Research</i>	Mengumpulkan Informasi Dasar	428	464	92.24%	Sangat Baik
3	<i>Discovery</i>	Mengambil Kesimpulan	652	696	92.24%	Sangat Baik

4	<i>Application</i>	Melakukan Klarifikasi Lanjutan	411	464	88.58%	Sangat Baik
5	<i>Communication</i>	Mendapatkan Kesimpulan Terbaik	310	348	89.08%	Sangat Baik
Rata-rata					89.67%	Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 9, hasil pengerjaan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga, diperoleh rata-rata sebesar 89,67 dengan kategori sangat baik. Capaian ini menunjukkan bahwa LKPD berbasis proyek dapat diimplementasikan secara optimal dan mampu memfasilitasi peserta didik.

3.7 Analisis Instrumen Penelitian

Penggunaan instrumen dalam penelitian ini akan melalui pengujian terlebih dahulu sebelum dilanjutkan untuk menganalisis, pengujian ini menggunakan uji validitas serta uji reliabilitas yang menggunakan *software* berupa *IBM SPSS Statistic 27.0*.

3.7.1 Uji Validitas

Pengujian validitas bertujuan untuk mengetahui tingkat kevalidan suatu instrumen sebelum diberikan kepada sampel penelitian. Suatu instrumen dikatakan valid jika mampu mengungkapkan data berdasarkan variabel dengan tepat. Instrumen yang memiliki tingkat validitas tinggi menunjukkan bahwa instrumen tersebut layak dan relevan, sedangkan jika nilai validitasnya rendah maka dianggap kurang layak digunakan. Uji validitas menggunakan teknik *korelasi product moment* oleh pearson yang umum digunakan. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

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

Keterangan:

N : Jumlah peserta didik yang dites

ΣX : Jumlah skor item nomor

ΣY : Jumlah skor total

ΣXY : Jumlah (skor item x skor total)

ΣX^2 : Jumlah kuadrat skor item

ΣY^2 : Jumlah kuadrat skor total

(Arikunto, 2011)

Kriteria penilaian validitas instrumen ditentukan berdasarkan nilai koefisien korelasi yang diperoleh. Adapun ketentuan yang digunakan, yaitu:

- a. Jika $r_{hitung} \geq r_{tabel}$ dengan taraf signifikan ($\alpha = 0,05$) maka instrumen tersebut valid.
- b. Jika $r_{hitung} < r_{tabel}$ dengan taraf signifikan ($\alpha = 0,05$) maka instrumen tersebut tidak valid.

Nilai koefisien validitas dari masing-masing butir soal yang diperoleh melalui uji validitas kemudian dianalisis dan ditafsirkan sesuai dengan kriteria tertentu, yang disajikan dalam Tabel 9.

Tabel 10. Interpretasi Koefisien Validitas Instrumen

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

(Arikunto, 2011)

1. Uji Validasi Soal Keterampilan Berpikir Kritis

Uji validitas soal dalam penelitian ini diolah menggunakan SPSS versi 27.0. Berikut merupakan hasil uji validitas instrumen tes keterampilan berpikir kritis pada materi *alternative energy* yang dapat dilihat pada Tabel 10 dan secara lengkap pada lampiran halaman 124.

Tabel 11. Hasil Uji Validitas Keterampilan Berpikir Kritis

Nomor Soal	<i>Pearson Correlation</i>	Interpretasi
1	0,759	Valid
2	0,749	Valid
3	0,922	Sangat Valid
4	0,789	Valid
5	0,826	Sangat Valid

Kriteria pengujian didasarkan pada hasil nilai *Pearson Correlation* yang dibandingkan dengan besaran nilai r_{tabel} yaitu sebesar 0,361. Berdasarkan hasil uji validitas instrument tes keterampilan berpikir kritis diketahui bahwa 5 butir soal semuanya valid dengan nilai *Perason Correlation* $> 0,361$.

2. Uji Validasi Angket *Self-Regulated Learning*

Uji validitas instrument dalam penelitian ini diolah menggunakan SPSS versi 27.0. Berikut merupakan hasil uji validitas angket self-regulated learning yang dapat dilihat pada Tabel 12 dan secara lengkap pada lampiran halaman 146.

Tabel 12. Hasil Uji Validitas Angket *Self-Regulated Learning*

Nomor Soal	<i>Pearson Correlation</i>	Interpretasi
1	0,661	Valid
2	0,603	Valid
3	0,670	Valid
4	0,609	Valid
5	0,694	Valid
6	0,635	Valid
7	0,671	Valid
8	0,684	Valid
9	0,624	Valid
10	0,680	Valid
11	0,627	Valid
12	0,616	Valid
13	0,686	Valid
14	0,749	Valid
15	0,646	Valid
16	0,690	Valid
17	0,655	Valid
18	0,642	Valid
19	0,716	Valid
20	0,768	Valid
21	0,724	Valid
22	0,727	Valid
23	0,642	Valid
24	0,753	Valid

25	0,661	Valid
----	-------	-------

Kriteria pengujian didasarkan pada hasil nilai *Pearson Correlation* yang dibandingkan dengan besaran nilai r_{tabel} yaitu sebesar 0,361. Berdasarkan hasil uji validitas instrument tes *self-regulated learning* diketahui bahwa 25 butir soal semuanya valid dengan nilai *Perason Correlation* $> 0,361$.

3.7.2 Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas dilakukan untuk mengetahui sejauh mana instrumen penelitian menghasilkan data yang konsisten dan dapat dipercaya. Instrumen yang memiliki tingkat reliabilitas tinggi menunjukkan bahwa alat ukur tersebut layak digunakan karena dapat diandalkan dalam memperoleh data penelitian.

Pengujian reliabilitas dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rumus *Cronbach's alpha*, yang berfungsi untuk mengukur konsistensi internal antar item dalam satu instrumen. Rumusnya adalah sebagai berikut:

$$r_{11} = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left(1 - \frac{\sum \delta_i^2}{\delta_i^2} \right)$$

Keterangan:

- r_{11} : Reliabilitas yang dicari
 n : Jumlah item pertanyaan
 $\sum \delta_i^2$: Jumlah varian skor tiap item
 δ_i^2 : Varian soal

Hasil dari nilai reliabilitas yang diperoleh akan diinterpretasikan berdasarkan kategori dalam Tabel 13.

Tabel 13. Interpretasi Relibialitas Instrumen

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,80 – 1,00	Sangat Reliabel
0,60 – 0,79	Reliabel
0,40 – 0,59	Cukup Reliabel
0,20 – 0,39	Kurang Reliabel

0,00 – 0,19

Tidak Reliabel

(Arikunto, 2011)

1. Uji Reliabilitas Soal Keterampilan Berpikir Kritis

Uji Reliabilitas soal dalam penelitian ini diolah menggunakan SPSS versi 27.0. Berikut merupakan hasil uji reliabilitas instrument tes keterampilan berpikir kritis dapat dilihat pada Tabel 14 dan secara lengkap pada lampiran halaman 125.

Tabel 14. Hasil Uji Reliabilitas Keterampilan Berpikir Kritis

Cronbachs Alpha	Jumlah Item
0,912	5

Uji reliabilitas dilaksanakan dengan melibatkan 29 responden dan menggunakan 5 butir soal. Dalam penelitian ini, reliabilitas instrument soal dianalisis dengan model pengujian *Cronbach Alpha*. Hasil statistik reliabilitas instrument soal keterampilan berpikir kritis mencapai angka 0,912, yang berarti instrument tersebut dapat dianggap reliabel.

2. Uji Reliabilitas Angket *Self-Regulated Learning*

Uji Reliabilitas soal dalam penelitian ini diolah menggunakan SPSS versi 27.0. Berikut merupakan hasil uji reliabilitas instrument tes *self-regulated learning* dapat dilihat pada Tabel 15 dan secara lengkap pada lampiran halaman 147.

Tabel 15. Hasil Uji Reliabilitas *Self-Regulated Learning*

Cronbachs Alpha	Jumlah Item
0,947	25

Uji reliabilitas dilaksanakan dengan melibatkan 29 responden dan menggunakan 25 butir soal. Dalam penelitian ini, reliabilitas instrument soal dianalisis dengan model pengujian *Cronbach Alpha*. Hasil statistik reliabilitas instrument angket

self-regulated learning kritis mencapai angka 0,947, yang berarti instrumen tersebut dapat dianggap reliabel.

3.8 Teknik Analisis Data

Perolehan data dari penelitian ini mencakup hasil *pretest* dan *posttest* keterampilan berpikir kritis yang kemudian dianalisis menggunakan *N-Gain* untuk mengetahui perbedaan *pretest* dan *posttest* pada kedua kelas eksperimen. Setelah melakukan analisis *N-Gain*, maka akan dilakukan pengujian hipotesis. Sebelum pengujian hipotesis, data akan terlebih dahulu dianalisis menggunakan uji normalitas serta uji homogenitas untuk menentukan apakah pengujian hipotesis akan dilakukan dengan metode parametrik atau nonparametrik.

3.8.1 Analisis Kemampuan Awal Keterampilan Berpikir Kritis

Analisis kemampuan awal keterampilan berpikir kritis peserta didik dilakukan berdasarkan hasil *pretest*. Analisis ini bertujuan untuk mengelompokkan peserta didik ke dalam kategori kemampuan awal, yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Pengelompokan kemampuan awal berpikir kritis dilakukan berdasarkan nilai rata-rata (mean) sebesar 33,78 dan standar deviasi (SD) sebesar 5,27. Adapun kriteria interval skor dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Kriteria Interval Skor

Interval Skor	Keterangan
$> \text{Mean} + \text{SD}$	Tinggi
$> \text{Mean} - \text{SD} - \leq \text{Mean} + \text{SD}$	Sedang
$\leq \text{Mean} - 1,8 \text{ SD}$	Rendah

(Widoyoko, 2015)

Berdasarkan kriteria interval skor pada Tabel 15, hasil analisis menunjukkan adanya variasi kemampuan awal keterampilan berpikir kritis peserta didik yang terbagi ke dalam kategori tinggi, sedang, dan rendah. Distribusi jumlah peserta didik pada masing-masing kategori dapat disajikan pada Tabel 17.

Tabel 17. Distribusi Kemampuan Awal Keterampilan Berpikir Kritis

Interval Skor	Kategori	Jumlah
>39.05	Tinggi	8
> 28.51 - ≤ 39.05	Sedang	53
≤ 28.51	Rendah	5

Berdasarkan Tabel 17, sebagian besar peserta didik berada pada kategori kemampuan awal sedang dengan interval skor $28,51 < X \leq 39,05$, yaitu sebanyak 53 peserta didik. Sementara itu, peserta didik yang termasuk dalam kategori tinggi dengan skor $X > 39,05$ sebanyak 8 peserta didik dan kategori rendah dengan skor $X \leq 28,51$ berjumlah 5 peserta didik. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan awal keterampilan berpikir kritis peserta didik sebelum diberikan perlakuan pembelajaran cenderung berada pada tingkat sedang dan relatif merata.

3.8.2 Hitung *N-Gain*

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

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

Tabel 18. Kriteria Interpretasi Nilai *N-Gain*

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

(Meltzer, 2002)

Berdasarkan klasifikasi tersebut, dapat dijelaskan:

- Apabila nilai *N-Gain* ternormalisasi berada dalam klasifikasi tinggi, maka tingkat efektivitasnya adalah sangat efektif.
- Apabila nilai *N-Gain* ternormalisasi berada dalam klasifikasi sedang, maka tingkat efektivitasnya adalah efektif.

- c. Apabila nilai *N-Gain* ternormalisasi berada dalam klasifikasi rendah, maka tingkat efektivitasnya adalah kurang efektif.

3.8.3 Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk menentukan apakah sampel penelitian mengikuti distribusi normal atau tidak. Dalam penelitian ini, analisis uji normalitas data dilakukan menggunakan *Kolmogorov-Smirnov test* melalui software SPSS, dengan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

Dengan dasar pengambilan keputusan pada pengujian ini yaitu:

1. Jika nilai *Asymp. Sig.* atau taraf signifikan $> 0,05$ maka H_0 diterima; yang berarti data dapat dianggap berdistribusi normal.
2. Jika nilai *Asymp. Sig.* atau taraf signifikan $< 0,05$, maka H_0 ditolak; yang berarti data dapat dianggap tidak berdistribusi normal.

3.8.4 Uji Homogenitas

Uji homogenitas dimaksudkan untuk menentukan keseragaman sampel dalam suatu penelitian. Jika data yang diperoleh bersifat homogen, maka akan dilanjutkan dengan uji hipotesis statistik parametrik. Sebaliknya, jika data tidak homogen, uji hipotesis non-parametrik akan diterapkan. Uji homogenitas ini menggunakan rumus berikut:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

Keterangan:

S_1^2 : Varians terbesar

S_2^2 : Varians terkecil

3.8.5 Uji Hipotesis

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 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 rata-rata antara dua kelompok yang saling berpasangan sebelum dan sesudah diberikan perlakuan (*treatment*). Hipotesis yang akan diuji adalah sebagai berikut.

H_0 : Tidak ada perbedaan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga.

H_1 : Terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis peserta didik menggunakan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga.

Pedoman pengambilan keputusan berdasarkan taraf signifikansi = 0,05. H_0 ditolak jika $sig < \alpha = 0,05$ dan sebaliknya, H_0 diterima jika $sig \alpha \geq 0,05$.

2. Uji *Mann-Whitney U Test*

Uji *Mann-Whitney U Test* digunakan dalam uji non-parametrik untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan median atau distribusi data antara dua kelompok sampel yang tidak berhubungan. Hipotesis yang akan diuji *Mann-Whitney U Test* sebagai berikut:

H_0 : Tidak ada perbedaan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah menggunakan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga.

H_1 : Terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis peserta didik menggunakan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga.

Jika nilai $\text{sig} < 0,05$, maka terdapat perbedaan yang signifikan antara dua kelompok, sehingga H_0 ditolak. Jika nilai $\text{sig} \geq 0,05$, maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara dua kelompok, sehingga H_0 diterima.

3. Uji *One Way* ANOVA

Uji *One Way* ANOVA digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan rata-rata keterampilan berpikir kritis pada tiga kelompok sampel yang tidak berhubungan. Uji ini termasuk dalam uji parametrik yang digunakan apabila data berdistribusi normal. Dalam penelitian ini, *One Way* ANOVA digunakan untuk melihat perbedaan berdasarkan kategori kemampuan awal peserta didik (tinggi, sedang, dan rendah).

Hipotesis yang akan diuji *One Way* ANOVA adalah sebagai berikut:

H_0 : Tidak terdapat perbedaan rata-rata keterampilan berpikir kritis peserta didik berdasarkan kemampuan awal setelah menggunakan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga.

H_1 : Terdapat perbedaan rata-rata keterampilan berpikir kritis peserta didik berdasarkan kemampuan awal setelah menggunakan LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga.

4. Uji Korelasi Bivariat

Pada penelitian ini untuk mengetahui ada atau tidak adanya hubungan antara *self-regulated learning* dan keterampilan berpikir kritis peserta didik maka dilakukan uji korelasi bivariat. Hipotesis yang akan diuji adalah sebagai berikut.

H_0 : Tidak terdapat hubungan antara *self-regulated learning* dan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

H_1 : Terdapat hubungan antara *self-regulated learning* dan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Pengambilan keputusan akan didasarkan pada taraf signifikansi = 0,05. H_0 ditolak jika $\text{sig } \alpha < 0,05$ dan sebaliknya, H_0 akan diterima apabila $\text{sig } \alpha \geq 0,05$.

Pedoman untuk memberikan interpretasi terhadap koefisien korelasi mengacu pada pendapat yang dikemukakan oleh Sugiyono sebagai berikut.

Tabel 19. Interpretasi Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Kategori
0,00 – 0,199	Sangat rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Besar
0,80 – 1,000	Sangat Besar

(Sugiyono, 2013)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis dari penelitian ini, dapat disimpulkan hal-hal berikut.

1. Hasil analisis menunjukkan bahwa menggunakan LKPD berbasis proyek pada kelompok kecil menghasilkan skor keterlaksanaan sebesar 89,67% dengan kategori sangat baik. Pada kelompok luas menghasilkan skor keterlaksanaan pada kelas eksperimen 1 sebesar 87,70%, dan pada kelas eksperimen 2 sebesar 88,11% yang dikategorikan sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik dapat menyelesaikan LKPD berbasis proyek dengan baik. Dari rata-rata nilai *pretest* dan *posttest* yaitu pada kelas eksperimen 1 sebesar 33,23 dan 76,44 diperoleh *N-Gain* sebesar 0,65 dan pada kelas eksperimen 2 sebesar 34,37 dan 78,22 diperoleh *N-Gain* sebesar 0,67 yang keduanya termasuk dalam kategori sedang. Hal ini menunjukkan bahwa kedua kelas mengalami peningkatan keterampilan berpikir kritis. Selain itu, hasil uji *paired sample t-test* menunjukkan nilai signifikansi 0,001, yang menunjukkan adanya perbedaan rata-rata *pretest* dengan *posttest* keterampilan berpikir kritis peserta didik di kedua kelas eksperimen. Dengan demikian, LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada uji kelompok kecil maupun uji luas.

2. Hasil analisis data diperoleh dari rata-rata skor keterlaksanaan angket *self-regulated learning* pada kelas eksperimen 1 sebesar 89.93% dan pada kelas eksperimen 2 sebesar 92.81%, yang keduanya berada pada kategori sangat tinggi.

Hal ini menunjukkan bahwa LKPD berbasis proyek pengolahan limbah kulit buah naga efektif terhadap *self-regulated learning* peserta didik.

3. Hasil uji *One Way ANOVA* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,165 (Sig. > 0,05), yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam peningkatan keterampilan berpikir kritis antara peserta didik dengan kemampuan awal tinggi, sedang, dan rendah. Dengan demikian, LKPD berbasis proyek memiliki keefektifan yang relatif sama pada berbagai tingkat kemampuan awal peserta didik.

4. Hasil uji korelasi bivariat dengan nilai *pearson correlation* sebesar 0,50, maka dapat disimpulkan bahwa keterampilan berpikir kritis dan *self-regulated learning* memiliki hubungan yang positif dengan kategori sedang. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi *self-regulated learning* peserta didik, maka akan semakin tinggi juga keterampilan berpikir kritis peserta didik.

5. 2. Saran

Adapun saran yang dapat peneliti berikan berdasarkan keterbatasan penelitian yang telah dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengukuran *self-regulated learning* lebih dari satu kali, yaitu sebelum dan setelah pembelajaran, sehingga kemampuan SRL peserta didik yang dilatihkan melalui pembelajaran dapat diketahui secara lebih mendalam.
2. Dalam penerapan LKPD berbasis proyek pada kegiatan pembelajaran, perlu adanya pengelolaan waktu pembelajaran secara efektif, karena pembelajaran berbasis proyek memerlukan waktu yang cukup panjang untuk tahap perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, K., Sunismi, dan Alifiani. (2021). Pengembangan Bahan Ajar Interaktif Bermuatan 6C (Critical Thinking, Creative Thinking, Collaboration, Communication, Character, dan Citizenship) pada Materi Pola Bilangan Kelas VII. *Jurnal Penelitian, Pendidikan dan Pembelajaran (JP3)*, 16(1), 184–293.
- Afifah, A. N., Ilmiyati, N., dan Toto, T. (2020). Pengaruh Model Project Based Learning (Pjbl) Dengan Pendekatan Stem Terhadap Penguasaan Konsep Dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *J-KIP (Jurnal Keguruan dan Ilmu Pendidikan)*, 1(2), 33–40. <https://doi.org/10.25157/j-kip.v1i2.4400>
- Aliftika, O., Astra, I. M., dan Supriyati, Y. (2021). Project based blended learning and independent learning on critical thinking skill. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2019/1/012051>
- Allison, J. M. (2020). *Project Based Learning to Promote 21St Century Skills: An Action Research Study. Dissertations, Theses, and Masters Projects. Paper 1530192564*. 1–121.
- Ardiansyah, S., Sielvi, H., Handayani, L., dan Wulandari, F. E. (2022). Effect Of Infused White Dragon Fruit (*Hylocereus undatus*) Pell On Hemoglobin Level, Eritrosit Count, And Hematocrit Levels In Anemia White Rats. *Medicra (Journal of Medical Laboratory Science/Technology)*, 5(2), 98–103. <https://doi.org/10.21070/medicra.v5i2.1643>
- Arikunto. (2011). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Bumi Aksara Jakarta.
- Aristiadi, H. (2020). Pengaruh Penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik (Lkpd) Berbasis Proyek terhadap Hasil Belajar Peserta Didik pada Konsep Pemanasan Global. *Bioedusiana*, 4(2), 77–84. <https://doi.org/10.34289/277886>

- Atmojo, I.R., dkk. (2025). *The Influence Of Project-Based Learning Model Assisted By Sds-Based Interactive Student Worksheets (Lkpd) On critical thinking*. 11(1), 171–185. <https://doi.org/10.32699/spektra.v11i1.9149>
- Baran, M., Baran, M., Karakoyun, F., dan Maskan, A. (2021). The Influence of Project-Based STEM (PjBL-STEM) Applications on the Development of 21st-Century Skills. *Journal of Turkish Science Education*, 18(4), 798–815. <https://doi.org/10.36681/tused.2021.104>
- Batubara, N., dan Siregar, N. (2024). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Project Based Learning pada Materi Asam Basa. *Jurnal Pendidikan Kimia FKIP Universitas Halu Oleo*, 9(3), 220–231.
- Darwis, M., Azizah, N., dan Rofiqoh, S. (2025). *Peran Pembelajaran Berbasis Proyek Terhadap Pengembangan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa*. 2, 1–7.
- Davison, R. C. R., dan Smith, P. M. (2018). Quantitative data analyses. In *Research Methods in Physical Activity and Health*. <https://doi.org/10.4324/9781315158501-17>
- Dayanti, K., Khuzaini, N., Febriyanto, B., Gunadi, S., dan Fricelaa, N. (2022). Analysis Of the Effectiveness of LKPD Based on Project Based Learning (PJBL) To Stimulate Students' Critical Thinking. *Al-Hijr: Journal of Adulearn World*, 1(4), 167–174. <https://doi.org/10.55849/alhijr.v1i4.69>
- Dewi, N. W. R. U., Yasa, I. P., dan Sujanem, R. (2020). Implementasi Model Self Regulated E-Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Dalam Pelajaran Fisika Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 10(1), 24. <https://doi.org/10.23887/jjpf.v10i1.26722>
- Dewi, S., & Fauziati, E. (2021). Implikasi Teori Vygotsky dalam Pembelajaran Kolaboratif. *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 16(2), 77–84.
- Diawati, C., Liliyasi, Setiabudi, A., dan Buchari. (2017). Students' construction of a simple steam distillation apparatus and development of creative thinking skills: A project-based learning. *AIP Conference Proceedings*, 1848(February 2016). <https://doi.org/10.1063/1.4983934>
- Dwiputri, A., & Pujiastuti, H. (2022). Kemandirian Belajar dan Self-Regulation Mahasiswa Pendidikan Matematika dalam Pembelajaran Berbasis Proyek. *JKPM (Jurnal Kajian Pendidikan Matematika)*, 7(2), 311. <https://doi.org/10.30998/jkpm.v7i2.13074>
- Dyah Wulandari, Mustaji, dan Rr. Nanik Setyowati. (2022). Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik Berbasis Project Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Dan Keterampilan Sosial Bagi Siswa Kelas IV Sekolah Dasar. *EDUKASIA: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 3(3), 733–742. <https://doi.org/10.62775/edukasia.v3i3.188>

- Eymur, G., dan Geban, O. (2017). Interaction Between Students Motivation and Physics Teacher Characteristics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(10), 66627-6638.
- Erviana, Y., Supriyanto, A., Suciwati, S. W., dan Pauzi, G. A. (2020). Analisis Karakteristik Elektrik Onggok Singkong Fermentasi yang Diawetkan sebagai Pasta Bio-Baterai. *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, 1(1), 27–32. <https://doi.org/10.23960/jemit.v1i1.10>
- Facione, P. a., Facione, N. C., dan Giancarlo, C. (1998). Professional judgment and the disposition toward critical thinking. *California Academic Press*. Retrieved January, 5(1999), 2002.
- Firdaus, M., & Wilujeng, I. (2018). Pengembangan LKPD inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar peserta didik. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 4(1), 26–40. <https://doi.org/10.21831/jipi.v4i1.5574>
- Firmansyah, R., Marlina, L., dan Dwikoranto, D. (2023). Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning pada Materi Energi dan Perubahannya untuk Meningkatkan Keaktifan dan Hasil Belajar Siswa di SMKN 1 Kertosono. *PENDIPA Journal of Science Education*, 7(1), 80–86. <https://doi.org/10.33369/pendipa.7.1.80-86>
- Ghimby, A. D. (2022). Pengaruh Self Regulated Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Dan Hasil Belajar. *JOEL Journal of Educational and Language Research*, 1(12), 2091–2104.
- Ginting, I., & Andry, M. (2023). Pemanfaatan Ekstrak Etanol Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Dalam Sediaan Krim Lulur Sebagai Pelembab Alami Kulit. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 6(3), 1034–1049. <https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v6i3.179>
- Hidayati, K., & Listyani, E. (2010). Pengembangan Instrumen Kemandirian Belajar Mahasiswa. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*, 14(1). <https://doi.org/10.21831/pep.v14i1.1977>
- Huda, T., Malik, A., Erlinawati, N. A., Perceka, A. L., dan Manoppo, Y. (2024). *Implementing Project-Based Learning to Enhance Critical Thinking Skills in High School Students*. 03(02), 725–730. <https://doi.org/10.55299/ijere.v3i2.1081>
- Humairoh, L. (2025). Penerapan Project-Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Analisis dan Sistensis Siswa. *Jurnal Riset Pendidikan IPA*, 11(1), 30-41.
- Hunaepi, H., Firdaus, L., Samsuri, T., Susantini, E., dan Raharjo, R. (2020). Efektifitas Perangkat Pembelajaran Inkuiri Terintegrasi Kearifan Lokal Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Scholaria: Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 10(3), 269–281. <https://doi.org/10.24246/j.js.2020.v10.i3.p269-281>

- Idaresit Akpan, V., Angela Igwe, U., Blessing Ijeoma Mpamah, I., dan Onyinyechi Okoro, C. (2020). Social Constructivism: Implications on Teaching and Learning. *British Journal of Education*, 8(8), 49–56.
- Jobasseb, D. H. (2011). *Learning to Solve Problems: A Handbook For Designing Problem-Solving Learning Environments*. Routledge.
- Khalifah, I., Sakti, I., dan Sutarno, S. (2021). Pengembangan Lkpd Berbasis Project Based Learning Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Pada Materi Induksi Elektromagnetik. *DIKSAINS : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains*, 1(2), 69–80. <https://doi.org/10.33369/diksains.1.2.69-80>
- Krismona Arsana, I. W. O., dan Sujana, I. W. (2021). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (Lkpd) Berbasis Project Based Learning Dalam Muatan Materi IPS. *Jurnal Ilmiah Pendidikan dan Pembelajaran*, 5(1), 134. <https://doi.org/10.23887/jipp.v5i1.32817>
- Laboy Rush, D. (2010). *Integrated STEM education through game-based learning*. 2238–2242. <https://doi.org/10.51272/pmna.42.2020-381>
- Liaotrakoon, W. (n.d.). *Characterization of dragon fruit (Hylocereus spp.) components with valorization potential*.
- Linda, Z., dan Lestari, I. (2019). Berpikir Kritis Dalam Konteks Pembelajaran. In *Erzatama Karya Abadi* 1(8).
- Mardiana, E., Kusuma, Z. N. A. W., dan Iskandar, S. (2024). Karakteristik dan Peran Guru Sebagai Fasilitator Pembelajaran Abad 21 Di Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 09(4), 247–256.
- Megawati, A. Y. ., Lukito, A., dan Rachmasari, D. (2023). Integrasi project based learning dengan STEM pada pembelajaran fisika sebagai pendekatan efektif untuk meningkatkan keterampilan abad 21. *Jurnal Ilmiah Multi Disiplin Indonesia*, 2(5), 894–904.
- Meltzer, D. E. (2002). The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gains in physics: A possible “hidden variable” in diagnostic pretest scores. *American Journal of Physics*, 70(12), 1259–1268. <https://doi.org/10.1119/1.1514215>
- Monica, I., Nurhamidah, dan Elvinawati. (2023). Pengembangan e-LKPD Berbasis Problem Based Learning Pada Materi Hukum-hukum Dasar Kimia. *Alotrop*, 7(1), 33–43. <https://doi.org/10.33369/alo.v7i1.28231>
- Nadrah, N. (2025). Science laboratory environment and students’ motivation as predictors on attitudes towards physics lesson. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(2), 845–854. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i2.9215>
- Nisak, F., dan Yulkifli, Y. (2021). Development of electronic module using inquiry based learning (IBL) model integrated high order thinking skill (HOTS) in 21stcentury physics learning class X. *Journal of Physics:*

Conference Series, 1876(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1876/1/012085>

- Nurannisa, A., Taufan Asfar, A. M. I., Akbar Asfar, A. M. I., & Dewi, S. S. (2021). Bio-Baterai dari Kulit Pisang: Diseminasi olah Praktis pada Ibu PKK Dusun Kallimpo. *Unri Conference Series: Community Engagement*, 3(March 2022), 19–26. <https://doi.org/10.31258/unricsce.3.19-26>
- Panjaitan, H., dan Hafizzah, F. (2025). Peran Guru Sebagai Fasilitator dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran di SDIT Mutiara Ilmu Kuala. *Edu Society: Jurnal Pendidikan, Ilmu Sosial, dan Pengabdian Kepada Masyarakat Vol*, 5(1), 328–343.
- Perdana, D., P. (2025). Fostering Critical Thinking Through Worksheets: A Project-Based Approach to Fish Waste Processing Education. *International Journal of Education*, 3(2), 593-602. [10.58578/ijecs.v3i2.5936](https://doi.org/10.58578/ijecs.v3i2.5936).
- Permatasari, E., Wahyudin, W., dan Putro, B. L. (2024). Pengukuran Self-Regulated Learning (SRL) dengan Bantuan Media Pembelajaran. *Digital Transformation Technology*, 4(1), 42–51. <https://doi.org/10.47709/digitech.v4i1.3695>
- Purwoko, R. Y., Kusumaningrum, B., Laila, A. N., dan Astuti, E. P. (2023). Development of Open Ended Based Mathematics E-Modules to Enhance Students' Critical Thinking Ability. *Mathline : Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 8(1), 194–206. <https://doi.org/10.31943/mathline.v8i1.337>
- Puspita, V., & Dewi, I. P. (2021). Efektifitas E-LKPD berbasis Pendekatan Investigasi terhadap Kemampuan Berfikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(1), 86–96. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v5i1.456>
- Raharjo, M. A. N., dkk. (2025). Banana Peel Bio Battery Project Based Electronic Worksheet: Enhancing Creative Thinking and Psychomotor Skills. *Science Eduaction Journal*, 9(2).
- Rahayu, S. (2025). Pengaruh LKPD Berbasis Proyek terhadap Kemampuan Berpikir kritis Siswa Sekolah Menengah. *Jurnal Inovasi pendidikan*, 9(2), 112-123.
- Rahmatin, A. J., Juliana, D., Selvia, Himawati, dan Rokhmat, J. (2022). Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dengan Konteks Kearifan Lokal Pada Pembelajaran Fisika. *jurnal pendidikan, IPA, Geologi, dan Geofisika*, 3(2), 16–22.
- Rahmawati, D., dan Rahmawati, F. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL) Berbantuan Multimedia Padlet Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMK. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(3), 2429–2441. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i3.6827>

- Ristiono, A. (2021). Analisis Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Sebagai Komponen Baterai Ramah Lingkungan. *Mekanika*, 2(2), 47–53.
- Rohani, A., Subagiyo, L., dan Qadar, R. (2017). Pengembangan lembar kerja peserta didik kimia menggunakan pendekatan project based learning di SMK Negeri 1 Balikpapan. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia, Back Issue*, 51–54.
- Salafa, F., Hayat, L., & Ma'ruf, A. (2020). An Analysis of Orange Peel (Citrus Sinensis) as the Material for Electrolytes in Bio-Batteries. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 2(1). <https://doi.org/10.30595/jrre.v2i1.6443>
- Sari, A.N. (2025). *Pengembangan LKPD Berbasis Proyek untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Keterampilan STEM pada Materi Alternative Energy*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 178 hlm.
- Sigalingging, R., & Sitorus, Y. (2024). Study of Fruit Waste as Bio-battery Materials for Alternative Electricity. *Journal of Sustainable Agriculture and Biosystems Engineering*, 2(01), 001–010. <https://doi.org/10.32734/jsabe.v2i1.14683>
- Siregar, shinta M. (2017). Pengaruh Bahan Elektroda Terhadap Kelistrikan Belimbing Wuluh (Averrhoa Bilimbi) sebagai Solusi Energi Alternatif Ramah Lingkungan. *Jurnal Penelitian Pendidikan MIPA*, 2(1), 166–173.
- Slavin, R. E (1980). Cooperative Learning. *Review of educational Research*, 50(2), 315-342.
- Stiggins, R. J., & Conklin, N. F. (1997). *In teachers' hands: Investigating the practices of classroom assessment*. Albany, NY: State University of New York Press.
- Sucipto, H. (2017). *Penerapan Model Project Based Learning untuk Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar IPS*. 1(1), 77–86.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R and D*. In Bandung, 3(4).
- Susilowaty, N. (2020). Pengaruh model pembelajaran Project based Learning terhadap peningkatan kemampuan self-regulated learning Mahasiswa Universitas Advent Indonesia. *Jurnal Padagogik*, 3(1), 71–80. <https://doi.org/10.35974/jpd.v3i1.2235>
- Terima, D. (2015). *Naga Merah (Hylocereus polyrhizus) Dengan Proses Pengolahan yang Berbeda*. 6(1).
- Vygotsky, L. S. (1989). Concrete Human Psychology. *Soviet Psychology*, 27(2), 53–77. <https://doi.org/10.2753/rpo1061-0405270253>
- Wahyuningtyas, M. (2023). The Relationship between Self-Regulated Learning and Students' Critical Thinking Skills. *Mimbar Sekolah Dasar*, 10(3), 513–

526. <https://doi.org/10.53400/mimbar-sd.v10i3.61151>

- Wardani, I. R., Immama, M., Zuani, P., dan Kholis, N. (2023). *Teori belajar perkembangan kognitif lev vygotsky dan implikasinya dalam pembelajaran.*
- Widodo Heny, Lesmono Albertus, dan Kanza Nanda. (2020). Analisis Keaktifan Belajar Siswa Menggunakan Model Project Based Learning dengan Pendekatan Stem Pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pembelajaran*, 9, 71–77.
- Windyaningsiwi, R., Nugroho, S. E., dan Subali, B. (2025). *Analysis of Student Self-Regulated Learning and Creative Thinking Through the Project-Based Learning Model on Renewable Energy Topics.* 9(1), 46–52.
- Winiari, L. P., Santyasa, W., dan Suswandi, D. I. (2019). Pengaruh Model Self Regulated Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Dalam Pembelajaran Fisika Kelas Xi Mia Di Sma Negeri 1 Tembuku. *Jppf*, 9(1), 2599–2554.
- Wiraguna, I. G. (2025). Implementasi Project-Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir kritis Peserta Didik pada Pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 13(1), 45-56.
- Wulandari, D. (2025). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa dalam Pembelajaran Berbasis Masalah. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 14(1), 78-89.
- Wu, X. Y. (2024). Unveiling the dynamics of self-regulated learning in project-based learning environments. *Heliyon*, 10(5), e27335. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27335>.
- Wood, R., (2019). Students Motivation to Engage With Science Learning Activities Through the Lens of Self-Determination Theory: Result from a Single-Case School-Based Study. *EURASIA, Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(7), 1-22.
- Yohaningtiyas, N. & Harjito. (2024). Implementasi Well-Structured dan Ill-Structured Problem untuk Analisis Keterampilan Berpikir Kritis dan Kolaboratif Peserta Didik. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 18(2), 141-150.
- Yolanda, N., , M., dan Daulay, A. H. (2022). Pengaruh Variasi Waktu Fermentasi Terhadap Kelistrikan Sel Volta Dengan Menggunakan Larutan Buah Tomat. *Einstein*, 10(2), 61. <https://doi.org/10.24114/einstein.v10i2.36275>
- Yunianta. T.N.H. (2012). Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Pada Implementasi Project-Based Learning Dengan Peer and Self-Assessment (Students' Creative Thinking Ability in Implementing Project-Based Learning with Peer and Self-Assessment). In *Unnes Journal of Research Mathematics Education* (Vol. 1, Nomor 2, hal. 81–86).
- Yuwono, S., Diharto, D., dan Pratama, N. W. (2021). Manfaat Pengadaan Panel Surya dengan Menggunakan Metode On Grid. *Energi dan Kelistrikan*, 13(2),

161–171. <https://doi.org/10.33322/energi.v13i2.1537>

Zan, A. M., Nilyani, K., Azriyanti, R., Asrizal, A., dan Festiyed, F. (2023). Effect of STEM-Based Mathematics and Natural Science Teaching Materials on Students' Critical and Creative Thinking Skills: A Meta-Analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(6), 54–64.

<https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i6.2678>

Zimmerman, B. (1990). Goal Setting and Self-Efficacy During Self-Regulated Learning. *Educational psychologist*, 25(1), 3–17.

<https://doi.org/10.1207/s15326985ep2501>

Zimmerman, B. J. (1989). A Social Cognitive View of Self-Regulated Academic Learning. *Journal of Educational Psychology*, 81(3), 329–339.

<https://doi.org/10.1037/0022-0663.81.3.329>