

**PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN ENERGI TERBARUKAN
BERBASIS SSI TERINTEGRASI STEM-PjBL UNTUK MENSTIMULUS
KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF DAN
*SUSTAINABILITY LITERACY***

(Tesis)

Oleh

**ANIS TASYANI
NPM 2323022008**



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

ABSTRAK

PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN ENERGI TERBARUKAN BERBASIS SSI TERINTEGRASI STEM-PjBL UNTUK MENSTIMULUS KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF DAN SUSTAINABILITY LITERACY

Oleh

ANIS TASYANI

Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan validitas, kepraktisan, dan efektivitas program pembelajaran dengan pendekatan *Socio Scientific Issue* (SSI) terintegrasi STEM-PjBL untuk menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan *Sustainability Literacy* peserta didik pada topik energi terbarukan. Jenis penelitian pengembangan ini mengacu pada model ADDIE yang meliputi tahap *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*. Teknik analisis data pada pengembangan produk menggunakan analisis persentase terhadap skor validitas dan kepraktisan, serta analisis statistik untuk efektivitas. Hasil analisis data menunjukkan program pembelajaran berbasis *Socio Scientific Issue* (SSI) terintegrasi STEM-PjBL valid untuk menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan *Sustainability Literacy* peserta didik pada topik energi terbarukan dengan bobot persentase 92,2% dengan kriteria sangat valid. Kepraktisan program pembelajaran memperoleh bobot persentase 92,9% dengan kriteria sangat praktis, dan efektivitas memperoleh N-Gain 0,9 untuk keterampilan berpikir kreatif dan N-Gain 0,74 untuk *Sustainability Literacy* dengan kategori tinggi. Sedangkan skor skor *effect size* menunjukkan pengaruh sebesar 0,663 (sedang) dalam menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan berpengaruh sebesar 0,745 (sedang) dalam menstimulus *Sustainability literacy* peserta didik, menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan memiliki efektivitas sedang. Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa: 1) Program pembelajaran berbasis *Socio Scientific Issue* (SSI) terintegrasi STEM-PjBL dinyatakan sangat valid, skor ini diperoleh melalui penilaian aspek validasi yang meliputi modul ajar (89%), *e-Handout* (94,3%), dan *e-LKPD* (93,2%); 2) kepraktisan program pembelajaran dengan pendekatan *Socio Scientific Issue* (SSI) terintegrasi STEM-PjBL terkategori sangat praktis, skor ini diperoleh melalui penilaian aspek kepraktisan yang meliputi aspek keterlaksanaan (94,4%), kemenarikan (92,3%) dan keterbacaan (92,1%); serta 3) efektivitas program pembelajaran terkategori sedang berdasarkan skor N-Gain dan *effect size*, sehingga program pembelajaran berbasis *Socio Scientific Issue* (SSI) terintegrasi STEM-PjBL dinyatakan dapat menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan *Sustainability Literacy* peserta didik pada topik energi terbarukan.

Kata kunci: Keterampilan Berpikir Kreatif, *Socio Scientific Issue* (SSI), *Sustainability Literacy*, STEM- PjBL, program pembelajaran.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A RENEWABLE ENERGY LEARNING PROGRAM BASED ON SSI INTEGRATED WITH STEM-PjBL TO STIMULATE CREATIVE THINKING SKILLS AND SUSTAINABILITY LITERACY

By

ANIS TASYANI

This study aims to describe the validity, practicality, and effectiveness of learning programs with the Socio Scientific Issue (SSI) approach integrated with STEM-PjBL to stimulate students' creative thinking skills and Sustainability Literacy on the topic of renewable energy. This type of development research refers to the ADDIE model which includes Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation stages. Data analysis techniques in product development use percentage analysis of validity and practicality scores, as well as statistical analysis for effectiveness. The results of data analysis showed that the Socio Scientific Issue (SSI) based learning program integrated with STEM-PjBL was valid to stimulate students' creative thinking skills and Sustainability Literacy on the topic of renewable energy with a percentage weight of 92.2% with very valid criteria. The practicality of the learning program obtained a percentage weight of 92.9% with very practical criteria, and the effectiveness of obtaining N-Gain 0.9 for creative thinking skills and N-Gain 0.74 for Sustainability Literacy with high categories. While the effect size score shows an effect of 0.663 (medium) in stimulating creative thinking skills and an effect of 0.745 (medium) in stimulating students' Sustainability literacy, indicating that the product developed has moderate effectiveness. Based on the results of the data analysis that has been carried out, it can be concluded that: 1) The learning program based on Socio Scientific Issue (SSI) integrated STEM-PjBL is declared very valid, this score is obtained through the assessment of validation aspects which include teaching modules (89%), e-Handout (94.3%), and e-LKPD (93.2%); 2) the practicality of the learning program with the Socio Scientific Issue (SSI) approach integrated STEM-PjBL is categorized as very practical, this score is obtained through the assessment of practicality aspects which include aspects of implementation (94.4%), attractiveness (92.3%) and readability (92.1%); and 3) the effectiveness of the learning program is categorized as very practical; and 3) the effectiveness of the learning program is categorized as moderate based on the N-Gain score and effect size, so that the learning program based on Socio Scientific Issue (SSI) integrated with STEM-PjBL is stated to stimulate students' creative thinking skills and

Sustainability Literacy on the topic of renewable energy.

Keywords: Creative Thinking Skills, Socio Scientific Issue (SSI), Sustainability Literacy, STEM-PjBL, learning program.

**PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN ENERGI TERBARUKAN
BERBASIS SSI TERINTEGRASI STEM-PjBL UNTUK MENSTIMULUS
KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF DAN
*SUSTAINABILITY LITERACY***

Oleh

ANIS TASYANI

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PENDIDIKAN FISIKA**

Pada

**Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



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

Judul Skripsi

**PENGEMBANGAN PROGRAM
PEMBELAJARAN ENERGI TERBARUKAN
BERBASIS SSI TERINTEGRASI STEM-PJBL
UNTUK MENSTIMULUS KETERAMPILAN
BERPIKIR KREATIF DAN SUSTAINABILITY
LITERACY**

Nama Mahasiswa

Anis Tasyani

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2323022008

Program Studi

: Magister Pendidikan Fisika

Jurusan

**: Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam**

Fakultas

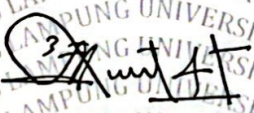
: Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Menyetujui

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

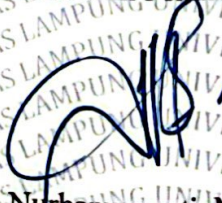

Dr. Kartini Herlina, M.Si.
NIP. 196506161991022001


Dr. Chandra Ertikanto, M.Pd.
NIP. 196003151987031003

2. Mengetahui Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

**Ketua Program Studi
Magister Pendidikan Fisika**


Dr. Nurhanurawati, M.Pd.
NIP. 196708081991032001


Dr. I Wayan Distrik, M.Si.
NIP. 196312151991021001

MENGESAHKAN

1. Timi Penguji

Ketua : Dr. Kartini Herlina, M.Si.

Sekretaris : Dr. Chandra Ertikanto, M.Pd.

Penguji Anggota :

Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.

Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.

2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Prof. Ibet Maydiantoro, M.Pd.

NIP. 198705042014041001

3. Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.

NIP. 196403261989021001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 06 Maret 2025

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini adalah:

Nama : Anis Tasyani
NPM : 2323022008
Fakultas/Jurusan : KIP/Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Fisika
Alamat : RT/RW: 014/004, Sukadana Baru, Kecamatan
Marga Tiga, Kabupaten Lampung Timur

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

Bandar Lampung, 06 Maret 2025



Anis Tasyani
NPM 2323022008

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tanjung Harapan, pada tanggal 23 April 2001 sebagai anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Rubianto dan Ibu Adin Widiarsih. Penulis mengawali pendidikan formal di TK PGRI 1 Sukadana Baru diselesaikan pada tahun 2007. Kemudian melanjutkan pendidikan di SD Negeri 1 Sukadana Baru dan lulus pada tahun 2013. Selanjutnya pada tahun 2013, melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 2 Sekampung dan lulus pada tahun 2016. Kemudian peneliti melanjutkan Pendidikan di MA Negeri 1 Metro yang diselesaikan pada tahun 2019.

Pada tahun 2019, penulis diterima dan terdaftar sebagai mahasiswa program studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan di Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Penulis lulus sebagai Sarjana Pendidikan pada tahun 2023, kemudian langsung melanjutkan studi Magister Pendidikan Fisika Universitas Lampung melalui jalur penerima beasiswa *Research and Teaching Assistant Program Magister*.

MOTTO

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

*“Jalani setiap prosesmu dengan melibatkan Allah, apapun rintangannya hadapi
saja, jangan takut, dan jangan berhenti sampai kamu
memperoleh apa yang kamu inginkan.”*
(Anis Tasyani)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan limpahan rahmat-Nya dan semoga shalawat selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad shalallahu ‘alaihi wasallam. Dengan kerendahan hati, peneliti mempersembahkan karya sederhana ini sebagai tanda bakti kasih tulus kepada:

1. Orang tua, Ibu Adin Widiarsih dan Bapak Rubianto yang telah sepenuh hati membesarkan, mendidik, mendo’akan, serta mendukung segala bentuk perjuangan anaknya. Semoga Allah senantiasa menguatkan langkah untuk selalu membahagiakan dan membanggakan kalian.
2. Kakak kandung, Abyan Mubarak yang telah memberikan doa dan semangatnya untuk segala perjuangan.
3. Bapak dan Ibu dosen yang senantiasa memberikan didikan dan bimbingan terbaik dengan tulus dan ikhlas.
4. Sahabat seperjuangan di kampus maupun di luar kampus Fadilla Pusvitasari, Nadiyah Daman Saputri, Dela Mandasari, Sri Rahayu, Tri Lestari, Alyana Atina dan Dona Arsinta
5. Kak Ghani, kak wakhida dan kak Ayu Nurjanah yang sudah membantu menjawab beberapa pertanyaan terkait penyusunan tesis.
6. Bu Sulis yang sudah banyak membantu dalam proses penelitian.
7. Seluruh teman-teman seperjuangan Magister Pendidikan Fisika (MPF) angkatan 2023.
8. Almamater tercinta Universitas Lampung
9. Semua pendidik dari TK, SD, SMP, SMA, hingga kuliah S1 dan S2, yang

telah mengajarkan banyak hal baik berupa ilmu pengetahuan maupun ilmu agama.

10. Kepada semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu, terimakasih atas doa dan dukungannya selama ini.

SANWACANA

Bismillaahirrohmaanirrohiim.

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pengembangan Program Pembelajaran Energi Terbarukan Berbasis SSI terintegrasi STEM-PjBL Untuk Menstimulus Keterampilan Berpikir Kreatif dan *Sustainability Literacy*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan Fisika di Universitas Lampung. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd. selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA
5. Bapak Dr. I Wayan Distrik, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan Fisika Universitas Lampung.
6. Ibu Dr. Kartini Herlina, M.Si., selaku Pembimbing I, atas kesediaan dan kesabarannya memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama penyusunan tesis ini.
7. Bapak Dr. Chandra Ertikanto, M.Pd., selaku Pembimbing II, atas kesediaan dan kesabarannya memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama penyusunan tesis ini.
8. Bapak Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si., selaku Pembahas I dan Validator produk, atas kesediaan dan kesabarannya memberikan bimbingan, saran,

semangat, motivasi, dan kritik kepada penulis dalam proses penyusunan tesis ini.

9. Bapak Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd., selaku Pembahas II atas kesediaan dan kesabarannya memberikan bimbingan, saran, semangat, motivasi, dan kritik kepada penulis dalam proses penyusunan tesis ini.
10. Bapak Sunaryo Romli, M.Pd., dan Ibu Sulistiani, M.Pd. selaku Validator produk, atas saran dan masukan terhadap produk yang dikembangkan.
11. Bapak dan Ibu Dosen, serta Staff Program Studi Magister Pendidikan Fisika dan Jurusan Pendidikan MIPA Universitas Lampung.
12. Ibu Maria Habibah, S.Pd., M.Pd., selaku kepala SMA Negeri 15 Bandar Lmapung yang telah berkenan meberikan izin penelitian tesis ini.
13. Peserta didik Kelas X-6 dan X-7 SMA Negeri 15 Bandar Lmapung selaku subjek penelitian tesis.

Semoga Allah memberikan rahmat, hidayah, dan membalas kebaikan yang telah diberikan kepada Penulis dan semoga tesis ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Bandarlampung, 06 Maret 2025

Penulis

Anis Tasyani

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Kajian Teori.....	9
2.1.1 Bahan Ajar	9
2.1.2 Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (e-LKPD)	11
2.1.3 <i>e-Handout</i>	14
2.1.4 <i>STEM-PjBL</i>	15
2.1.5 <i>Socio Scientific Issue (SSI)</i>	17
2.1.6 <i>Sains, Technology, Engeneering, Mathematics (STEM)</i>	22
2.1.7 Keterampilan Berpikir Kreatif	23
2.1.8 <i>Sustainability Literacy</i>	25
2.1.9 Teori Belajar Bermakna	27
2.1.10 Pembelajaran Konstruktivisme	28
2.1.11 <i>Hands on Activity</i>	30
2.1.12 Energi Terbarukan	31
2.1.13 Bio Baterai Kulit Nanas	33
2.1.14 <i>Education for Sustainable Development (ESD)</i>	34
2.1.15 Program Pembelajaran	36
2.2 Penelitian Relevan.....	41
2.3 Kerangka Pemikiran	44
III. METODE PENELITIAN	46
3.1 Desain Penelitian Pengembangan	46
3.2 Prosedur Pengembangan Produk.....	47
3.3 Instrumen Penelitian.....	57
3.4 Teknik Analisis Data	58

3.5 Matriks Ringkasan Metode Penelitian	63
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	66
4.1 Hasil	66
4.2 Pembahasan.....	101
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	137
5.1 Kesimpulan.....	137
5.2 Saran.....	138
DAFTAR PUSTAKA	139
LAMPIRAN	153

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sintaks pembelajaran STEM-PjBL	16
2. Tahapan Pembelajaran <i>Socio-Scientific Issues</i> (SSI)	19
3. Indikator <i>Sustainability Literacy</i>	26
4. Penelitian Relevan	41
5. Desain Penelitian Pada Kelas Eksperimen	50
6. Desain Penelitian Pada Kelas Kontrol	54
7. Skala <i>Likert</i> pada Skala Validasi	57
8. Skala <i>Likert</i> pada Skala Keterbacaan dan Kemenarikan	57
9. Konversi Skor Penilaian Kevalidan Produk	58
10. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan Produk	59
11. Kriteria Koefisien Korelasi	59
12. Kriteria Koefisien Reliabilitas	60
13. Kriteria Nilai Effect Size	62
14. Kategori Nilai N-gain	63
15. Ringkasan Metode Penelitian	63
16. Keterkaitan pendekatan <i>Socio Scientific Issue</i> (SSI), model pembelajaran <i>STEM-PjBL</i> keterampilan Berpikir Kreatif dan <i>Sustainability Literacy</i>	68
17. Produk e-LKPD yang dikembangkan	71
18. Produk e- <i>Handout</i> yang dikembangkan	78
19. Hasil Validasi dari 3 Validator terhadap Modul Ajar	86
20. Hasil Validasi dari 3 Validator terhadap e- <i>Handout</i>	86
21. Hasil Validasi dari 3 Validator terhadap e-LKPD	87
22. Hasil Validasi Program Pembelajaran	87
23. Hasil Uji Validitas Instrumen Tes	88
24. Hasil Uji Coba Empiris	88

25. Hasil Uji Kepraktisan	89
26. Data Kuantitatif Hasil Penelitian.....	94
27. Nilai Sig. dari Hasil Uji Normalitas	95
28. Varian Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen	96
29. Hasil Uji Beda Rata-Rata	97
30. Hasil Rata-Rata <i>N-Gain</i> Kelas Eksperimen dan Kontrol	98
31. Hasil Rata-Rata <i>N-Gain</i> pada Setiap Indikator	98
32. Hasil Uji Dampak keterampilan berpikir kreatif dan <i>Sustainability Literacy</i>	99
33. Komentar dan Saran Validator Terhadap Program Pembelajaran	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sumber Energi Alternatif	32
2. Tahapan Kegiatan Pembelajaran	41
3. Bagan Kerangka Pemikiran.....	45
4. Konsep ADDIE	46
5. Diagram Alur Penelitian.....	48
6. (a) Tampilan Modul ajar STEM-PjBL Berbasis SSI pada Tahap Pendahuluan dan <i>Reflection</i> (b) Tampilan Modul ajar STEM-PjBL Berbasis SSI pada Tahap <i>Research</i> dan <i>Communication</i>	70
7. Tampilan Halaman Sampul Program Pembelajaran	85
8. Multimedia pada e-LKPD dan e-Handout	105
9. Hasil Rata-Rata Ngain Keterampilan Berpikir Kreatif	107
10. Hasil rata-rata Ngain <i>Sustainability Literacy</i>	107
11. Skor Ngain Tiap indikator Keterampilan berpikir Kreatif	109
12. Pertanyaan Soal Nomor 1 Dalam Menstimulus Keterampilan Berpikir Kreatif (<i>Fluency</i>)	110
13. Keterampilan Berpikir Kreatif (<i>Fluency</i>) Saat Pretest	110
14. Keterampilan Berpikir Kreatif (<i>Fluency</i>) Saat Posttest.....	111
15. Pertanyaan Soal Nomor 2 Dalam Menstimulus Keterampilan Berpikir Kreatif (<i>Flexibility</i>)	112
16. Keterampilan Berpikir Kreatif pada Indikator <i>Flexibility</i> Saat Pretest	112
17. Keterampilan Berpikir Kreatif pada Indikator <i>Flexibility</i> Saat Posttest	113
18. Pertanyaan Soal Nomor 4 dalam Menstimulus Keterampilan Berpikir Kreatif (<i>Originality</i>).....	115
19. Keterampilan Berpikir Kreatif pada Indikator <i>Originality</i> Saat <i>Pretest</i>).....	115

20. Keterampilan Berpikir Kreatif pada Indikator <i>Originality</i> Saat <i>Posttest</i>	116
21. Pertanyaan Soal Nomor 6 Dalam Menstimulus Keterampilan Berpikir Kreatif (<i>Elaboration</i>).....	118
22. Keterampilan Berpikir Kreatif Pada Indikator <i>Elaboration</i> Saat <i>Pretest</i>	118
23. Keterampilan Berpikir Kreatif Pada Indikator <i>Elaboration</i> Saat <i>Posttest</i>	119
24. Skor Ngain Tiap Indikator <i>Sustainability Literacy</i>	121
25. Pertanyaan Soal Nomor 7 Dalam Menstimulus Keterampilan <i>Sustainability Literacy</i> Indikator Menunjukkan Tindakan Untuk Mengurangi Dan Mencegah Keterbatasan Energi	122
26. Keterampilan <i>Sustainability Literacy</i> Indikator Menunjukkan Tindakan Untuk Mengurangi dan Mencegah Keterbatasan Energi Saat <i>Pretest</i> .	122
27. Keterampilan <i>Sustainability Literacy</i> Indikator Menunjukkan Tindakan Untuk Mengurangi Dan Mencegah Keterbatasan Energi Saat <i>Posttest</i>	123
28. Pertanyaan Soal Nomor 9 Dalam Menstimulus <i>Sustainability Literacy</i> Indikator Mengklasifikasikan Berbagai Sumber Energi Terbarukan dan Tak Terbarukan.....	124
29. <i>Sustainability Literacy</i> Indikator Mengklasifikasikan Berbagai Sumber Energi Terbarukan dan Tak Terbarukan Saat <i>Pretest</i>	124
30. <i>Sustainability Literacy</i> Indikator Mengklasifikasikan Berbagai Sumber Energi Terbarukan dan Tak Terbarukan Saat <i>Posttest</i>	125
31. Pertanyaan Soal Nomor 10 Dalam Menstimulus <i>Sustainability Literacy</i> Indikator Memahami Dampak Keterbatasan Sumber Energi	126
32. Keterampilan <i>Sustainability Literacy</i> Indikator Memahami Dampak Keterbatasan Sumber Energi Saat <i>Pretest</i>	127
33. Keterampilan <i>Sustainability Literacy</i> Indikator Memahami Dampak Keterbatasan Sumber Energi Saat <i>Posttest</i>	127
34. Hasil Pengisian Pertanyaan LKPD Mengenai Energi Terbarukan dan Tak Terbarukan	129
35. (A) Hasil Pengisian Pertanyaan LKPD Mengenai Faktor-Faktor Apa Yang Dapat Menyebabkan Krisis Energi Di Indonesia (B) Hasil Pengisian Pertanyaan LKPD Mengenai Dampak Dari Krisis Energi Tersebut.....	130

36. (A) Aktivitas Siswa Dalam Mengidentifikasi Masalah Pada Sintaks <i>Reflection</i> (B) Masalah Krisis Energi	131
37. Aktivitas Peserta Didik Dalam Mengumpulkan Informasi Pada Sintaks <i>Reseacrh</i>	132
38. Hasil Pembuatan Design Produk.....	133
39. Aktivitas Peserta Didik Pada Sintaks <i>Discovery</i>	133
40. Aktivitas Peserta Didik Dalam Menguji Coba Produk Pada Sintaks <i>Application</i>	134
41. Aktivitas Peserta Didik Pada Sintaks <i>Communication</i>	135

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar	Halaman
1. Lembar Hasil Analisis Kebutuhan	151
2. Modul Ajar	173
3. E-LKPD.....	192
4. <i>Handout</i>	217
5. UBD	243
6. Lembar Kisi-Kisi Instrumen Tes	248
7. Soal Instrumen Tes	281
8. Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas	285
9. Lembar Instrumen Validasi Produk	289
10. Hasil Uji Validasi Program Pembelajaran	316
11. Lembar Instrumen Kepraktisan Produk	319
12. Hasil Uji Kepraktisan	336
13. Hasil Pretest-Posttest Kelas Eksperimen dan Kontrol	343
14. Hasil Uji Normalitas Keterampilan berpikir kreatif bada kelas kontrol dan kelas eksperimen	347
15. Hasil Uji Normalitas Keterampilan <i>Sustainability Literacy</i> bada kelas kontrol dan kelas eksperimen	348
16. Hasil Uji independent sample t test Keterampilan berpikir kreatif Pada kelas kontrol dan kelas eksperimen.....	349
17. Hasil Uji Homogenitas dan independent sample t test <i>Sustainability Literacy</i> Pada kelas kontrol dan kelas eksperimen.....	351
18. Hasil Uji NGAIN Keterampilan berpikir kreatif dan <i>Sustainability literacy</i> pada kelas kontrol dan kelas eksperimen.....	353
19. Hasil Uji ANCOVA Keterampilan berpikir kreatif dan <i>Sustainability literacy</i> pada kelas kontrol dan kelas eksperimen.....	359
20. Surat Izin Penelitian.....	362

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan di era revolusi industri 4.0 saat ini sedang diarahkan untuk mengembangkan keterampilan abad 21 (Anderson *et al.*, 2018). Peserta didik dituntut untuk menguasai keterampilan abad 21 yang meliputi *critical thinking*, *communication*, *collaboration* dan *creativity* yang merupakan aspek keterampilan penting yang harus dikuasai peserta didik pada jenjang pendidikan dasar sampai menengah (Winata, dkk. 2020). *Critical thinking*, bertujuan untuk mengajarkan peserta didik bagaimana memecahkan berbagai masalah kontekstual dengan menggunakan logika kritis dan rasional (Anderson *et al.*, 2018). *Creativity*, bertujuan untuk mengajarkan peserta didik bagaimana menjadi kreatif dalam menemukan berbagai solusi, merancang strategi baru dan menemukan cara-cara yang belum pernah digunakan sebelumnya (Larson and Miller, 2011).

Keterampilan berpikir kritis tidak dapat dipisahkan dari keterampilan berpikir kreatif. Keterampilan berpikir kritis (*critical thinking skills*) memiliki peran penting dalam mempengaruhi keterampilan berpikir kreatif peserta didik (Ulger, 2018). Keterampilan berpikir kreatif adalah keterampilan yang dapat menstimulus peserta didik mengelola pengetahuan yang mereka miliki menjadi suatu bentuk perencanaan atau ide yang kemudian dituangkan dalam sebuah produk yang berkualitas (Baum *et al.*, 2010). Menumbuhkan keterampilan berpikir kreatif sangat penting dalam dunia pendidikan agar peserta didik dapat mengambil keputusan yang tepat ketika dihadapkan suatu permasalahan (Paryumi, 2022). Namun, berdasarkan hasil PISA yang dilakukan oleh *Organisation for Economic*

Cooperation and Development (OECD) menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kreatif peserta didik SMA di Indonesia masih berada pada peringkat 39 dari 41 negara pada tahun 2009, peringkat 63 dari 64 negara pada tahun 2012, dan peringkat 60 dari 65 negara pada tahun 2015 (OECD, 2019). Oleh sebab itu, penting untuk menstimulus keterampilan berpikir kreatif dalam pembelajaran di sekolah.

Permasalahan lain juga didukung oleh sistem pendidikan sains di dunia yang saat ini sedang dihadapkan pada tantangan global untuk mengantisipasi perubahan lingkungan terkait program pembangunan berkelanjutan (Abdurrahman *et al.*, 2023). Energi terbarukan menjadi salah satu isu global yang perlu ditindak lanjuti sebagai salah satu konsep yang menarik untuk dibahas dalam dunia pendidikan (Febriansari, dkk. 2022). Sejalan dengan peningkatan kebutuhan sumber energi yang semakin bertambah yang disebabkan pesatnya pembangunan, baik di sektor industri, ekonomi, maupun penduduk. (Anisa, dkk. 2022). Hal tersebut menunjukkan bahwa, Indonesia sebagai negara berkembang masih membutuhkan penyediaan energi sebagai faktor yang sangat penting dalam mendukung pembangunan. Semakin berkurangnya cadangan minyak dunia, telah mendorong pemerintah untuk mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar minyak dan meningkatkan pemanfaatan sumber energi terbarukan (Halil, 2019).

Isu energi terbarukan mulai dimasukan dan diajarkan dalam kurikulum sekolah di negara-negara maju untuk menanamkan pentingnya kesadaran energi terbarukan. Generasi muda di Indonesia harus mendapatkan pengetahuan yang layak sebagai warga dunia dalam mengatasi permasalahan energi dan menjadi bagian dari solusi terhadap tantangan global serta meningkatkan literasi sustainability siswa. (Febriansari, dkk. 2022). *Sustainability literacy* dalam hal ini merupakan pengetahuan, keterampilan, sikap, dan perilaku keberlanjutan terkait efisiensi energi dan pembuatan energi terbarukan (Davis et al., 2009). *Sustainability literacy* dapat meningkatkan kesadaran siswa akan isu-isu keberlanjutan dan untuk membangun kompetensi terkait dengan kehidupan alam dan hubungan manusia dengan alam (Ayu, 2023). Namun, sayangnya indonesia belum banyak

menerapkan pembelajaran energi terbarukan yang dapat menumbuhkan *sustainability literacy* peserta didik (Yulia et al., 2020).

Pendidikan merupakan salah satu faktor penting dalam membentuk kesadaran dan pemahaman mengenai penggunaan sumber energi terbarukan dan implementasinya dalam kehidupan sehari-hari (Lasaiba, 2022). Pembelajaran pada topik energi terbarukan dapat memberikan kesadaran terhadap peserta didik mengenai pentingnya pendidikan lingkungan yang berkaitan dengan pembangunan berkelanjutan (Aydin, 2017). Namun, masih rendahnya implementasi terhadap pendidikan lingkungan dan penggunaan strategi pembelajaran yang tidak efektif menyebabkan peserta didik dan sebagian besar guru masih memiliki banyak miskonsepsi terhadap cara mengolah dan mengimplementasikan sumber energi terbarukan (Aksan *et al.*, 2013). Oleh sebab itu, guru dituntut untuk menggunakan strategi pembelajaran yang efektif melalui pemilihan model dan pendekatan pembelajaran yang dapat mencegah miskonsepsi serta membangun pengetahuan konseptual peserta didik terhadap topik yang diajarkan (Amalia, dkk. 2023).

Bidang pendidikan memegang peranan dalam menghadirkan solusi terhadap penyelesaian masalah krisis energi melalui integrasi permasalahan seputar energi ke dalam pembelajaran berbasis proyek pada topik energi terbarukan (Podgórska and Zdonek, 2022). Model STEM-PjBL adalah model pembelajaran berbasis proyek yang mendorong peserta didik melakukan pemecahan masalah yang realistik dan kontekstual untuk memberikan pembelajaran yang bermakna (Meita, dkk. 2018). Model pembelajaran ini menggabungkan kegiatan berbasis inkuiri untuk mendorong peserta didik mengontekstualkan proyek dengan pengetahuan dan pengalaman yang sudah ada, kemudian mengkomunikasikan apa yang telah mereka pelajari sebagai hasilnya (Stohlmann, 2021). Model STEM-PjBL adalah model pembelajaran yang sangat tepat di terapkan untuk menstimulus keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik (Windasari, dkk. 2020). Keterampilan tingkat tinggi yang dapat salah satunya yaitu keterampilan berpikir kreatif. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Firmantara,

2023) bahwa, keberhasilan dalam implementasi STEM-PjBL dapat menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan mendorong peserta didik lebih aktif dalam proses pembelajaran (Firmantara, 2023). Model STEM-PjBL juga dapat digunakan sebagai salah satu upaya dalam menumbuhkan *Sustainability Literacy* peserta didik (Deni, 2022).

Perkembangan penerapan model STEM-PjBL mendorong pengintegrasian model pembelajaran ini dengan suatu pendekatan. Pendekatan yang dapat diintegrasikan dengan model STEM-PjBL salah satunya adalah pendekatan SSI (*Socio Scientific Issue*). Pendekatan SSI (*Socio Scientific Issue*) adalah pendekatan yang merepresentasikan isu atau masalah dalam kehidupan sosial yang secara konseptual berkaitan dengan sains dan memiliki solusi jawaban *relative* (Lathifah dan Susilo, 2015). Pembelajaran dengan pendekatan SSI mendorong guru mengkaitkan masalah atau isu yang sedang *trend* di masyarakat untuk memberi kesadaran pada peserta didik bahwa pembelajaran yang dilaksanakan berkaitan erat dengan kehidupan sehari-hari (Subiantoro, 2017). Energi terbarukan sebagai salah satu isu global yang menarik perlu ditindak lanjuti dan dibahas dalam dunia pendidikan (Febriansari, dkk. 2022).

Banyak penelitian yang telah dilakukan mengenai model pembelajaran STEM-PjBL diantaranya, yaitu penelitian oleh (Makuasa and Rahmawati, 2024), (Kurniasari *et al.*, 2023), (Setyowati *et al.*, 2022), (Pramesti *et al.*, 2022), (Ke *et al.*, 2021) dan (Syukri *et al.*, 2021) namun masih minim adanya pengembangan program pembelajaran yang dapat menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan *Sustainability Literacy*.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan melalui survei secara online dengan *google form* pada 24 guru fisika SMA di Indonesia menunjukkan bahwa sebanyak 62,5% guru belum pernah mengukur keterampilan berpikir kreatif siswa dalam pembelajaran energi terbarukan. Hal tersebut dikarenakan masih rendahnya ketersediaan sumber belajar pada topik energi terbarukan. Data menunjukkan sebanyak 45,8% guru masih menggunakan buku referensi sebagai sumber belajar utama. Meskipun dalam pembelajaran topik energi terbarukan sebagian besar guru

telah menggunakan LKPD namun, sebanyak 70,8% guru belum menggunakan LKPD yang telah terintegrasi dengan STEM-PjBL. Data hasil analisis kebutuhan juga menunjukkan bahwa 58,3% guru telah melatih *Sustainability Literacy* peserta didik pada materi energi terbarukan namun, meskipun begitu sebagian besar guru belum mengetahui aktivitas peserta didik seperti apa yang seharusnya dilatihkan untuk mencapai keterampilan tersebut.

Hasil analisis kebutuhan juga menunjukkan bahwa 41,7% guru telah menggunakan model pembelajaran PjBL dalam pembelajaran topik energi terbarukan. Namun, data menunjukkan bahwa sebagian besar guru masih mengalami miskonsepsi dalam mengimplementasikan sintaks model pembelajaran PjBL pada topik energi terbarukan. Data lain juga menunjukkan bahwa 79,2% guru masih mengalami kesulitan dalam mengaitkan bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan. Hal ini disebabkan karena masih kurangnya pemahaman terhadap materi tersebut. Metode dan pendekatan pembelajaran yang digunakan oleh sebagian besar guru juga masih bersifat ceramah dan belum berbasis *project*.

Berdasarkan kesenjangan antara urgensi dan masalah di lapangan berkaitan dengan keterampilan berpikir kreatif dan *Sustainability Literacy* sebagai keterampilan abad 21 yang perlu dimiliki peserta didik, maka penting untuk mengembangkan suatu program pembelajaran yang valid, praktis dan efektif dalam menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan *Sustainability Literacy* peserta didik, melalui penggunaan model dan pendekatan pembelajaran yang memuat aktivitas penyelesaian masalah dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, akan dilakukan penelitian dengan judul “Program Pembelajaran Energi Terbarukan Berbasis SSI Terintegrasi STEM-PjBL untuk Menstimulus Keterampilan Berpikir Kreatif dan *Sustainability Literacy*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimanakah Program Pembelajaran Energi Terbarukan Berbasis SSI Terintegrasi STEM-PjBL yang valid untuk Menstimulus Keterampilan Berpikir Kreatif dan *Sustainability Literacy* Peserta Didik?
2. Bagaimanakah Program Pembelajaran Energi Terbarukan Berbasis SSI Terintegrasi STEM-PjBL yang praktis untuk Menstimulus Keterampilan Berpikir Kreatif dan *Sustainability Literacy* Peserta Didik?
3. Bagaimanakah Program Pembelajaran Energi Terbarukan Berbasis SSI Terintegrasi STEM-PjBL yang efektif untuk Menstimulus Keterampilan Berpikir Kreatif dan *Sustainability Literacy* Peserta Didik?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan Program Pembelajaran Energi Terbarukan Berbasis SSI Terintegrasi STEM-PjBL yang valid untuk Menstimulus Keterampilan Berpikir Kreatif dan *Sustainability Literacy* Peserta Didik.
2. Mendeskripsikan Program Pembelajaran Energi Terbarukan Berbasis SSI Terintegrasi STEM-PjBL yang praktis untuk Menstimulus Keterampilan Berpikir Kreatif dan *Sustainability Literacy* Peserta Didik.
3. Mendeskripsikan Program Pembelajaran Energi Terbarukan Berbasis SSI Terintegrasi STEM-PjBL yang efektif untuk Menstimulus Keterampilan Berpikir Kreatif dan *Sustainability Literacy* Peserta Didik.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Produk yang dihasilkan dari penelitian pengembangan ini adalah program pembelajaran energi terbarukan berbasis SSI terintegrasi STEM-PjBL yang meliputi Modul ajar, elektronik-Lembar Kerja Peserta Didik (e-LKPD), dan elektronik-*Handout* (*e-Handout*).
2. Program pembelajaran yang dikembangkan adalah untuk pembelajaran Fisika dengan topik energi terbarukan.
3. Uji kevalidan produk terdiri dari validasi isi serta validasi media dan desain oleh 3 ahli.
4. Uji kepraktisan pada penelitian pengembangan ini meliputi uji keterlaksanaan, kemenarikan dan keterbacaan
5. Uji efektivitas dilakukan untuk menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan *Sustainability Literacy* dengan memberikan pretest-posttest sebelum dan sesudah pembelajaran dengan menerapkan program pembelajaran yang dikembangkan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari pelaksanaan penelitian ini yaitu:

1. Manfaat Teoritis
Manfaat teoritis penelitian ini adalah akan menyediakan program pembelajaran berbasis SSI terintegrasi STEM-PjBL pada topik energi terbarukan untuk menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan *Sustainability Literacy* peserta didik.
2. Manfaat Praktis
Manfaat praktis yang dapat yang diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut
 - a. Bagi peneliti, dapat menambah wawasan, pengalaman, dan bekal dalam pengembangan program pembelajaran berbasis SSI terintegrasi STEM-

PjBL.

- b. Bagi guru, memberikan pengetahuan baru terkait pembelajaran berbasis SSI terintegrasi STEM-PjBL.
- c. Bagi peserta didik, memberikan pengalaman belajar yang berbeda dan diharapkan dapat menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan *Sustainability Literacy*

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Bahan Ajar

Bahan ajar didefinisikan sebagai segala bahan informasi, alat, maupun teks yang disusun secara sistematis dan utuh berdasarkan kompetensi yang harus dikuasai peserta didik dan digunakan dalam pembelajaran. Contoh bahan ajar, meliputi buku pelajaran, modul, handout, LKS atau LKPD, model atau maket, bahan ajar audio, bahan ajar interaktif, dan sebagainya (Prastowo, 2015:7). Bahan ajar berkaitan erat dengan kegiatan ilmiah yang dilakukan di laboratorium dimana dalam hal ini siswa diharapkan dapat memperoleh konsep-konsep fisika dan memiliki keterampilan. Selain itu, pengajaran bahan ajar juga dapat membantu memberikan pedoman yang jelas mengenai kompetensi yang harus dicapai siswa (Khuzaimah, dkk. 2016). Menurut (Akbar, 2015) bahan ajar dikatakan baik apabila memenuhi syarat sebagai berikut.

- a. Akurat, artinya memenuhi aspek kecermatan penyajian, benar dalam memaparkan hasil penelitian dan tidak salah mengutip pendapat pakar.
- b. Sesuai, antara kompetensi yang harus dikuasai dengan cakupan isi, kedalaman pembahasan, dan kompetensi pembaca.
- c. Komunikatif, yaitu mudah dicerna pembaca, sistematis, jelas, dan tidak mengandung kesalahan bahasa
- d. Lengkap dan sistematis, yaitu menyebutkan kompetensi yang harus dikuasai pembaca, memberikan manfaat pentingnya penguasaan kompetensi bagi kehidupan pembaca, menyajikan daftar isi dan menyajikan daftar pustaka, serta, menguraikan materi dengan sistematis, mengikuti alur pikir dari sederhana ke kompleks.

- e. Berorientasi pada peserta didik, yaitu mendorong rasa ingin tahu peserta didik, terjadinya interaksi antar peserta didik dengan sumber belajar, merangsang peserta didik membangun pengetahuan sendiri, menyemangati peserta didik belajar secara berkelompok, dan menggiatkan peserta didik mengamalkan isi bacaan
- f. Berpihak pada idiologi bangsa dan Negara, yaitu mendukung ketakwaan pada Tuhan, mendukung pertumbuhan nilai kemanusiaan, mendukung akan kesadaran kemajemukan masyarakat, mendukung tumbuhnyarasa nasionalisme, mendukung tumbuhnya kesadaran hokum, dan mendukung cara berfikir kritis;
- g. Kaidah bahasa yang benar, yaitu menggunakan ejaan, stilah, dan struktur kalimat yang tepat; serta
- h. Terbaca, yaitu mengandung panjang kalimat dan struktur kalimat sesuai pemahaman pembaca.

Bahan ajar dapat lebih praktis dan menarik bagi peserta didik apabila diintegrasikan melalui multimedia. Melalui interaksi dengan multimedia ini dapat memfokuskan peserta didik untuk terlibat secara aktif, sehingga membuat proses belajar menjadi lebih efektif, menyenangkan dan memotivasi peserta didik untuk belajar. Peserta didik dapat memahami materi dengan baik dan memperoleh pemahaman yang lebih dalam karena mereka dapat melihat dan mendengar contoh yang diberikan dan memfasilitasi pembelajaran sesuai dengan gaya belajar masing-masing peserta didik. Penggunaan multimedia pada program pembelajaran sesuai dengan karakteristik peserta didik saat ini yang terbiasa dengan *platform* digital (Burdick & Willis, 2011). Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa bahan ajar adalah segala bahan informasi yang disusun secara sistematis sebagai pedoman siswa dalam mencapai kompetensi pembelajaran. Syarat bahan ajar dikatakan baik meliputi: akurat, sesuai, komunikatif, lengkap dan sistematis, berorientasi pada peserta didik, berpihak pada idiologi bangsa dan negara, memuat kaidah bahasa yang benar dan terbaca. Adapun bahan ajar yang akan dikembangkan dalam penelitian ini, meliputi e-LKPD dan *e-Handout*.

2.1.2 Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (e-LKPD)

LKPD didefinisikan sebagai suatu bahan ajar cetak berupa lembaran-lembaran yang berisi materi, ringkasan dan petunjuk yang harus dilaksanakan oleh peserta didik (Prastowo, 2015). Pembuatan lembar kerja siswa merupakan salah satu dari upaya dalam mengembangkan pengetahuan dan keterampilan peserta didik (Aldiyah, 2021). Lembar kerja siswa lebih menekankan pada proses penemuan konsep dan di dalamnya terdapat variasi stimulus melalui berbagai media dan kegiatan siswa yang membuat pembelajaran menjadi lebih bermakna, efektif, dan menyenangkan (Rohaeti, dkk. 2016). Proses belajar mengajar akan berjalan dengan aktif, efektif, kreatif, menarik, dan menyenangkan jika didukung oleh tersedianya sumber belajar, dan salah satu sumber belajar yang dapat digunakan adalah lembar kerja siswa untuk mengoptimalkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran (Islam *et al.*, 2019).

Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa LKPD adalah bahan ajar cetak yang berisi materi, ringkasan dan petunjuk belajar yang harus dilaksanakan oleh peserta didik dalam mengembangkan pengetahuan dan keterampilan yang dimiliki melalui stimulus dengan berbagai media dan kegiatan yang membuat pembelajaran menjadi lebih bermakna, efektif, dan menyenangkan.

Lembar kerja siswa yang digunakan dalam proses pembelajaran harus dapat merangsang siswa untuk dapat melakukan percobaan di lapangan. Lembar kerja siswa harus memuat proses untuk menilai hasil kerja siswa dan mengukur kemampuan siswa dalam memprediksi, mengukur, dan mengkomunikasikan suatu materi. Siswa harus dilibatkan secara aktif dalam pembelajaran seperti menemukan pengetahuan, membuktikan pengetahuan tersebut melalui praktikum atau percobaan, dan menyimpulkannya sehingga pada akhirnya mereka dapat menciptakan suatu alat atau teknologi yang nantinya dapat menyelesaikan masalah yang dihadapi oleh masyarakat (Kristyowati, 2019). Tugas-tugas yang tersaji dalam LKPD harus disesuaikan dengan kompetensi dasar yang harus dicapai (Gustama, dkk. 2019). Tugas-tugas yang tersaji dalam LKPD harus jelas dan sesuai dengan materi yang diajarkan agar kompetensi dasar dan tujuan

pembelajaran yang hendak dicapai dapat tercapai dengan baik, sesuai dengan apa yang diharapkan. Menurut Prastowo (2015) LKPD memiliki 4 fungsi sebagai berikut:

- 1). Sebagai bahan ajar yang mendorong keaktifan peserta didik dan meminimalkan peran pendidik.
- 2). Sebagai bahan ajar yang mempermudah untuk memahami materi yang diberikan.
- 3). Sebagai bahan ajar yang ringkas dan mencakup banyak tugas untuk berlatih.
- 4). Mempermudah pelaksanaan pembelajaran kepada peserta didik.

Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa LKPD digunakan untuk merangsang peserta didik melakukan percobaan di lapangan, memuat tugas-tugas yang disesuaikan dengan kompetensi yang hendak dicapai, agar dapat mendorong keaktifan peserta didik, mempermudah untuk memahami materi, mencakup ringkasan dan tugas untuk berlatih sehingga mempermudah proses pembelajaran.

Langkah-langkah dalam menyusun LKPD antara lain yaitu: 1. Melakukan analisis kurikulum, langkah ini dilakukan untuk menentukan materi-materi mana yang memerlukan bahan ajar LKPD. Pada umumnya dalam menentukan materi dilakukan analisa dengan cara melihat materi pokok, pengalaman belajar, serta materi yang akan diajarkan. Selanjutnya mencermati kompetensi yang harus dimiliki oleh peserta didik, dan menyusun peta kebutuhan lembar kegiatan peserta didik. 2. Menyusun peta kebutuhan LKPD, langkah ini dilakukan untuk mengetahui jumlah yang harus ditulis serta melihat sekuensi atau urutannya guna menentukan prioritas penulisan. Biasanya diawali dengan analisis kurikulum dan analisis sumber belajar. 3. Menentukan judul LKPD, judul ditentukan berdasarkan kompetensi dasar, materi-materi pokok, serta pengalaman belajar yang terdapat dalam kurikulum. Satu kompetensi dasar dapat dikembangkan menjadi sebuah judul LKPD apabila kompetensi dasar tersebut tidak terlalu besar. Penulisan LKPD perlu memperhatikan langkah-langkah yang sebagai berikut: a. Merumuskan kompetensi dasar, langkah ini dilakukan dengan cara menurunkan rumusannya langsung dari kurikulum yang berlaku. b. Menentukan alat penilaian,

langkah ini didasarkan pada pendekatan pembelajaran yang digunakan. c. Menyusun materi, penyusunan materi LKPD perlu memperhatikan beberapa poin berikut, yaitu: materi LKPD sangat tergantung pada kompetensi dasar yang akan dicapainya, materi dapat diambil dari berbagai sumber, seperti: buku, internet, majalah, dan jurnal hasil penelitian, menunjukkan referensi yang digunakan di dalam LKPD agar peserta didik dapat membaca lebih jauh tentang materi tersebut. d. Memperhatikan struktur LKPD, struktur LKPD meliputi: judul, petunjuk belajar, kompetensi yang akan dicapai, informasi pendukung, tugas dan langkah kerja, dan penilaian (Prastowo, 2015). Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa langkah-langkah penulisan LKPD meliputi: merumuskan kompetensi dasar, menentukan alat penilaian, menyusun materi dan memperhatikan struktur LKPD.

Seiring dengan kemajuan teknologi membawa banyak terobosan baru dalam industri media yang mengarahkan kepada media digital atau elektronik. LKPD merupakan salah satu bahan ajar yang dapat dimodifikasi penyajiannya kedalam bentuk elektronik terutama dalam proses pembelajaran online (Suryaningsih dan Nurlita, 2021). Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (e-LKPD) merupakan jenis LKPD elektronik yang menjadi sarana untuk membantu dan memfasilitasi kegiatan belajar mengajar sehingga dalam proses belajar mengajar akan terbentuk interaksi yang efektif antara pendidik dan peserta didik (Ranti, dkk. 2019). E-LKPD merupakan pedoman pembelajaran yang dapat mempermudah peserta didik dalam pelaksanaan proses belajar mengajar dengan bentuk elektronik yang dapat diakses pada desktop komputer, laptop, *notebook*, dan *handphone*. Kelebihan E-LKPD adalah dapat mempermudah dan mempersempit ruang dan waktu sehingga pembelajaran menjadi lebih efektif. E-LKPD juga dapat menjadi sarana yang menarik ketika minat belajar peserta didik berkurang (Syafitri dan Tressyalina, 2020). Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (e-LKPD) merupakan jenis LKPD elektronik yang memfasilitasi proses pembelajaran agar lebih interaktif dan efektif, sebagai pedoman pembelajaran yang dapat mempermudah peserta didik dalam pelaksanaan pembelajaran yang dapat diakses dengan gawai sehingga

mempermudah dan mempersempit ruang dan waktu.

2.1.3. *e-Handout*

Handout diartikan sebagai bahan pembelajaran yang sangat ringkas dan memudahkan peserta didik dalam mengikuti proses pembelajaran (Prastowo, 2015:78). *e-Handout* adalah versi elektronik dari *Handout* yang dapat dibaca di handphone, komputer, dan dirancang dengan perangkat lunak yang diperlukan. Adapun karakteristik *e-Handout* menurut (Yulia, dkk. 2021) sebagai berikut:

- a. Interaktif: *e-Handout* biasanya memiliki elemen multimedia seperti gambar, animasi, video, dan suara yang membuat materi pembelajaran lebih interaktif dan menarik bagi peserta didik.
- b. Aksesibilitas: *e-Handout* mudah diakses melalui internet, sehingga peserta didik dapat mengakses materi pembelajaran kapan saja dan di mana saja, asalkan mereka memiliki perangkat yang tersambung ke internet.
- c. Customizable: *e-Handout* dapat disesuaikan sesuai kebutuhan pengajar dan peserta didik, seperti menambahkan atau menghapus bagian, atau menyesuaikan tampilan dan format.
- d. *Eco-friendly*: *e-Handout* membantu mengurangi penggunaan kertas dan membantu melindungi lingkungan, karena materi pembelajaran dapat dibagikan secara elektronik.
- e. Efisiensi: *e-Handout* membuat pengajaran dan pembelajaran lebih efisien, karena materi pembelajaran dapat dibagikan dan disimpan dengan mudah dan cepat.
- f. Evaluasi: *e-Handout* memungkinkan pengajar untuk mengevaluasi hasil belajar peserta didik dengan menambahkan tugas dan tes online.

Menurut Hayes and Pugsley (2006), tujuan pembuatan *handout* antara lain yaitu a. Memberikan garis besar informasi yang akan disampaikan, menyediakan kerangka kerja untuk kuliah atau seminar dengan ruang bagi pengguna untuk menambahkan catatan mereka sendiri selama sesi berlangsung. b. Materi dapat dirancang sedemikian rupa sehingga mendorong interaksi dengan siswa. Format ini dapat mencakup skenario untuk diskusi, diagram atau pertanyaan, yang secara

keseluruhan dapat menjadi dasar bagi kegiatan individu atau kelompok selama seminar, lokakarya, atau selama kuliah. c. *Handout* dapat berisi informasi tambahan yang belum disajikan selama sesi pengajaran formal. Hal ini dapat berupa seperangkat referensi untuk bacaan lebih lanjut atau beberapa informasi yang dimaksudkan untuk memperkuat apa yang telah disajikan selama sesi dan yang memungkinkan pelajar untuk mengembangkan konsep-konsep lebih lanjut, atau untuk mengintegrasikan informasi baru ini ke dalam pengetahuan yang telah diasimilasi. d. menyediakan *handout* yang berisi transkrip lengkap dari pembelajaran. Hal ini dapat tersedia untuk memungkinkan peserta didik terlibat secara aktif dalam mendengarkan secara aktif, memberikan perhatian penuh kepada pembicara, tanpa harus membuat catatan. Namun, hal ini jarang sekali menjadi penggunaan yang baik untuk sebuah *handout*. Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa *e-Handout* adalah bahan ajar ringkas dalam versi elektronik yang dapat diakses dengan gawai dengan karakteristik meliputi: interaktif, aksesibilitas, *customizable*, *eco-friendly*, efisiensi, evaluasi. Adapun tujuan pembuatan *handout* meliputi: memberikan garis besar informasi yang akan disampaikan, materi dirancang untuk mendorong interaksi dengan siswa, mencakup informasi tambahan dan berisi transkrip lengkap dari pembelajaran.

2.1.4 STEM-PjBL

Model pembelajaran STEM-PjBL adalah model pembelajaran yang menggabungkan proses kegiatan berbasis inkuiri untuk mendorong siswa mengontekstualkan proyek dengan pengetahuan dan pengalaman yang sudah ada, serta mengkomunikasikan apa yang telah dipelajari sebagai hasilnya (Stohlmann, 2021). Pelaksanaan pembelajaran STEM-PjBL merupakan pembelajaran berbasis teknologi dan desain rekayasa secara signifikan mempengaruhi pemecahan masalah (*Problem Solving*) siswa terhadap keterampilan hasil belajar siswa mengintegrasikan ilmu pengetahuan, teknologi, rekayasa, dan matematika dapat meningkatkan pemecahan masalah (Purwaningsih *et al.*, 2020). Menurut Laboy-rush (2010) model pembelajaran STEM-PjBL memiliki sintaks pembelajaran yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Sintaks pembelajaran STEM-PjBL

Sintaks pembelajaran (1)	Aktivitas Pembelajaran (2)
<i>Reflection</i>	Tahap membawa peserta didik ke dalam konteks masalah dan memberikan inspirasi kepada peserta didik untuk mulai melakukan penyelidikan/investigasi.
<i>Research</i>	Tahap memfasilitasi peserta didik mengambil bentuk penelitian, meneliti konsep sains, memilih bacaan atau mengumpulkan informasi dari sumber yang relevan.
<i>Discovery</i>	Peserta didik mulai menemukan proses-proses pembelajaran, menentukan apa yang masih belum diketahui serta menemukan langkah-langkah proyek sebagai pemecahan masalah
<i>Application</i>	Peserta didik memodelkan suatu pemecahan masalah, menguji model yang dirancang, berdasarkan hasil pengujian peserta didik dapat mengulang ke langkah sebelumnya
<i>Communication</i>	Peserta didik mempresentasikan model dan solusi langkah ini untuk mengembangkan keterampilan yang hendak dicapai serta kemampuan untuk menerima dan menerapkan umpan balik yang membangun.

(Laboy-rush, 2010)

Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa STEM-PjBL adalah model pembelajaran yang menggabungkan kegiatan berbasis inkuiri yang mendorong peserta didik mengontekstualkan proyek berdasarkan permasalahan yang ada dilingkungan sekitar dengan mengintegrasikan pengetahuan yang mereka miliki, teknologi, rekayasa, dan matematika untuk memecahkan permasalahan tersebut dan kemudian mengkomunikasikan hasil yang telah mereka pelajari. Adapun sintaks STEM-PjBL meliputi: *reflection*, *research*, *discovery*, *application*, dan *communication*.

Model STEM-PjBL dapat meningkatkan minat belajar peserta didik, pembelajaran menjadi lebih bermakna, membantu peserta didik dalam menghadapi masalah dalam kehidupan nyata dan profesional (Tseng *et al.*, 2013). Menurut (Stohlmann, 2021) penggunaan model pembelajaran STEM-PjBL memiliki

beberapa keuntungan diantaranya sebagai berikut.

- a. **Transfer Pengetahuan dan Keterampilan ke Masalah Dunia Nyata**
Pembelajaran paling baik terjadi ketika siswa terlibat dalam menemukan solusi nyata untuk masalah dunia nyata. Jika pengetahuan dan keterampilan yang diajarkan mendukung upaya pemecahan masalah di luar kelas, maka tujuan pengembangan keterampilan abad ke-21 telah tercapai (Fortus *et al.*, 2005). Ketika guru memperkenalkan informasi, pengetahuan, dan keterampilan kepada siswa dalam konteks pemecahan masalah, bukan hanya sebagai fakta, mereka akan lebih mudah mengingat dan menerapkannya pada masalah dalam situasi baru di masa depan.
- b. **Peningkatan Motivasi Belajar**
Banyak hal yang dapat dilakukan agar kegiatan pembelajaran dapat memotivasi siswa agar mau belajar. Motivasi spontan berasal dari perkembangan kemampuan mental. Ketika kemampuan mental semakin matang, siswa akan terangsang untuk belajar (Lind, 1999). Sesuai dengan sifatnya, proyek STEM terpadu mendorong imajinasi dan keingintahuan siswa, sehingga meningkatkan motivasi mereka untuk belajar.
- a. **Peningkatan Nilai Tes Matematika dan Sains**
Siswa yang berpartisipasi dalam pembelajaran STEM-PjBL akan mengalami peningkatan nilai dalam pemecahan masalah matematika tingkat tinggi dan keterampilan proses sains (Satchwell *et al.*, 2002).

Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa STEM-PjBL dapat meningkatkan minat belajar peserta didik, menjadikan pembelajaran lebih bermakna, membantu peserta didik dalam memecahkan masalah, mengembangkan pengetahuan dan keterampilan, meningkatkan motivasi belajar, nilai matematika dan sains.

2.1.5 Socio Scientific Issue (SSI)

Pendekatan *Socio-Scientific Issue* (SSI) merupakan representasi isu atau masalah dalam kehidupan sosial yang secara konseptual berkaitan erat dengan sains, memiliki solusi jawaban yang relative (Lathifah dan Susilo, 2015).

Socio-Scientific Issue (SSI) merupakan penghubung pembelajaran sains yang tidak hanya meningkatkan minat peserta didik terhadap sains, namun juga untuk memperkuat keterampilan dalam kerja kelompok, pemecahan masalah dan lebih peka terhadap media pembelajaran. *Socio-Scientific Issue* (SSI) tidak banyak dimasukkan dalam buku teks, padahal isu ini sangat penting karena membuat pelajaran sains lebih relevan terhadap kehidupan sehari-hari, mengarahkan hasil belajar seperti apresiasi terhadap sains, meningkatkan argumentasi peserta didik dalam berdialog, meningkatkan kemampuan peserta didik dalam mengevaluasi data dan informasi ilmiah yang di dapat serta merupakan komponen penting dalam literasi-sains (Miranti, dkk. 2023). Pernyataan tersebut sejalan dengan pendapat (Saefullah *et al.*, 2020) bahwa, pembelajaran berbasis SSI mampu meningkatkan literasi ilmiah siswa. Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa pendekatan *Socio-Scientific Issue* (SSI) merupakan pendekatan yang merepresentasikan isu atau masalah dalam kehidupan sosial yang berkaitan erat dengan sains untuk meningkatkan minat belajar peserta didik, literasi ilmiah, memperkuat keterampilan dalam kerja kelompok dan pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari.

Peningkatan kemampuan berpikir kreatif siswa dapat dilakukan melalui pendekatan *Socio Scientific Issues* (SSI) melalui pendekatan ini siswa mampu mengembangkan kemampuan kognitif dalam berkontribusi memutuskan masalah secara rasional (Suwono *et al.*, 2023). Pendekatan *Socio Scientific Issues* (SSI) mendorong siswa untuk mempertimbangkan prinsip-prinsip ilmiah yang mendasari isu-isu tertentu dan menganalisis data ilmiah yang dapat menginformasikan negosiasi tentang isu-isu tersebut (Zeidler and Nichols, 2009). Selain itu, melalui pendekatan *Socio Scientific Issues* (SSI) berdasarkan permasalahan yang diidentifikasi dari masalah sosial relevan, mendorong siswa secara kolaboratif untuk memutuskan tindakan dalam memecahkan masalah tersebut, menemukan jawaban atas pertanyaan tertentu, atau menarik kesimpulan yang masuk akal (Wang *et al.*, 2017). Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa pendekatan *Socio Scientific Issues* (SSI) dapat mengembangkan kemampuan kognitif peserta didik dalam memecahkan masalah

secara rasional mempertimbangkan prinsip-prinsip ilmiah dan menganalisis data ilmiah berdasarkan isu atau masalah yang ada dilingkungan sekitar.

Secara umum, isu-isu yang termasuk dalam SSI bersifat kontroversial dan menimbulkan banyak perdebatan sehingga dapat menstimulus siswa untuk mengembangkan keterampilan tertentu, termasuk keterampilan berpikir kreatif (Sadler, 2009). Menurut (Yuliastini, dkk. 2016) tahapan pembelajarannya pendekatan *Socio-Scientific Issues* (SSI) dapat dilakukan dengan empat tahap berikut.

- a. Menyajikan isu dari sudut pandang pengetahuan sains (*Scientific background*)
- b. Melakukan evaluasi isu sosial sains yang disajikan (*evaluation of information*)
- c. Mengkaji dampak lokal, nasional dan global (*local, nasional, and global dimensional*)
- d. Membuat keputusan terkait isu sosial sains (*decision making*)

Adapun lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tahapan Pembelajaran *Socio-Scientific Issues* (SSI)

Langkah-Langkah (1)	Kegiatan Guru (2)	Kegiatan Siswa (3)
Menyajikan isu dari sudut pandang pengetahuan sains (<i>Scientific Background</i>)	1. Guru membuka pembelajaran dengan memberikan pengantar tentang isu-isu sosial-saintifik yang relevan dengan kehidupan sehari-hari atau yang sedang hangat diperbincangkan. 2. Guru menyajikan informasi dasar tentang isu tersebut dari sudut pandang ilmiah, seperti menjelaskan konsep-konsep ilmiah yang terkait, data-data penelitian yang relevan, atau teori-teori yang mendasari isu tersebut. 3. Guru dapat menggunakan berbagai media untuk	1. Siswa mendengarkan dengan seksama penjelasan guru dan mencatat informasi-informasi penting. 2. Siswa mengajukan pertanyaan kepada guru untuk memperjelas pemahaman mereka tentang isu tersebut. 3. Siswa berpartisipasi dalam diskusi awal untuk berbagi pengetahuan awal mereka dan untuk merumuskan pertanyaan-pertanyaan penelitian.

Langkah-Langkah (1)	Kegiatan Guru (2)	Kegiatan Siswa (3)
	menyajikan informasi, seperti gambar, video, artikel ilmiah populer, atau presentasi. 4. Guru memfasilitasi diskusi awal untuk menggali pengetahuan awal siswa tentang isu tersebut dan untuk mengidentifikasi pertanyaan-pertanyaan yang ingin mereka jawab.	
Melakukan evaluasi isu sosial sains yang disajikan (<i>Evaluation of Information</i>)	1. Guru membimbing siswa untuk mengevaluasi informasi yang telah mereka kumpulkan tentang isu tersebut. 2. Guru mendorong siswa untuk mengidentifikasi sumber-sumber informasi yang kredibel dan relevan. 3. Guru membantu siswa untuk membedakan antara fakta dan opini, serta untuk mengidentifikasi bias atau sudut pandang yang mungkin mempengaruhi interpretasi informasi. 4. Guru memfasilitasi diskusi kelompok atau kelas untuk membahas temuan-temuan evaluasi siswa.	1. Siswa mencari dan mengumpulkan informasi dari berbagai sumber yang relevan. 2. Siswa mengevaluasi informasi yang mereka kumpulkan berdasarkan kriteria kredibilitas, relevansi, dan validitas. 3. Siswa mengidentifikasi fakta, opini, dan bias dalam informasi yang mereka temukan. 4. Siswa berpartisipasi dalam diskusi kelompok atau kelas untuk berbagi temuan-temuan evaluasi mereka.
Mengkaji dampak lokal, nasional dan global (<i>Local, Nasional, and Global Dimension</i>)	1. Guru memberikan konteks tentang dampak isu sosial-saintifik pada tingkat lokal, nasional, dan global. 2. Guru menyajikan contoh-contoh konkret tentang bagaimana isu tersebut mempengaruhi masyarakat, lingkungan, atau ekonomi di berbagai tingkatan. 3. Guru mendorong siswa untuk berpikir tentang	1. Siswa mencari informasi tentang dampak isu sosial-saintifik pada tingkat lokal, nasional, dan global. 2. Siswa menganalisis dan mengevaluasi dampak-dampak tersebut dari berbagai perspektiSiswa mengidentifikasi keterkaitan antara

Langkah-Langkah (1)	Kegiatan Guru (2)	Kegiatan Siswa (3)
	keterkaitan antara dampak lokal, nasional, dan global.	dampak lokal, nasional, dan global.
	4. Guru memfasilitasi diskusi tentang implikasi etis, sosial, dan politik dari isu tersebut.	3. Siswa berpartisipasi dalam diskusi tentang implikasi etis, sosial, dan politik dari isu tersebut.
Membuat keputusan terkait isu sosial sains (<i>decision making</i>)	1. Guru membimbing siswa untuk merumuskan solusi atau rekomendasi terkait isu sosial-saintifik yang telah mereka kaji. 2. Guru mendorong siswa untuk mempertimbangkan berbagai pilihan solusi dan untuk mengevaluasi konsekuensi dari masing-masing pilihan. 3. Guru membantu siswa untuk mengembangkan argumentasi yang kuat untuk mendukung solusi atau rekomendasi mereka. 4. Guru memfasilitasi presentasi atau debat tentang solusi-solusi yang diusulkan siswa.	1. Siswa merumuskan solusi atau rekomendasi berdasarkan informasi dan analisis yang telah mereka lakukan. 2. Siswa mengevaluasi konsekuensi dari berbagai pilihan solusi. 3. Siswa mengembangkan argumentasi yang kuat untuk mendukung solusi atau rekomendasi mereka. 4. Siswa berpartisipasi dalam presentasi atau debat untuk berbagi solusi atau rekomendasi mereka

(Penulis, 2025)

Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa pendekatan SSI dapat menstimulus keterampilan berpikir kreatif peserta didik melalui beberapa tahapan yaitu menyajikan isu dari sudut pandang pengetahuan sains, melakukan evaluasi terhadap isu sosial sains yang disajikan, mengkaji dampak lokal, nasional dan global terhadap isu sosial sains yang disajikan dan membuat keputusan terkait isu sosial sains tersebut.

2.1.6 *Sains, Technology, Engeneering, Mathematics (STEM)*

Pendekatan pengajaran dan pembelajaran abad ke-21 untuk STEM adalah salah satu kunci untuk pembelajaran yang efektif, pemahaman yang bermakna dan mendalam yang dapat mengintegrasikan ilmu pengetahuan, teknologi, teknik dan matematika di kalangan peserta didik. Proses mengintegrasikan STEM bisa menantang karena membutuhkan generasi baru yang memiliki keterampilan di bidang STEM. Pendekatan Pendidikan STEM harus mencakup unsur pemecahan masalah, pemikiran kritis, dan pemikiran kreatif pemikiran ilmiah yang dapat menstimulus keterampilan berpikir diantara peserta didik (Baharin *et al.*, 2018). Pendekatan pendidikan STEM membutuhkan pengetahuan dasar dan pemahaman konsep yang kuat memungkinkan peserta didik untuk memahami dan menerapkan pengetahuan STEM. Guru seharusnya tidak hanya mengajar dan berharap murid dapat menghubungkan apa yang mereka pelajari dengan kehidupan sehari-hari mereka. Oleh karena itu, pendekatan STEM adalah alternatif untuk menghubungkan mata pelajaran STEM dan memberikan konteks yang relevan dengan proses pembelajaran. Kegiatan penyelidikan ilmiah dapat menstimulus keterampilan berpikir dan mendorong peserta didik untuk mengajukan pertanyaan, membuat dan menguji hipotesis dan melakukan penelitian seperti ilmuwan sungguhan (Kelley and Knowles, 2016). STEM diharapkan dapat menghasilkan pembelajaran yang bermakna bagi peserta didik melalui integrasi pengetahuan, konsep dan keterampilan secara sistematis (Afriana, dkk. 2016). Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa pendekatan STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir peserta didik seperti keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berpikir kreatif. Keterampilan berpikir mendorong peserta didik untuk mengajukan pertanyaan, membuat hipotesis, menguji hipotesis dan melakukan penelitian agar menghasilkan pembelajaran yang lebih bermakna.

Terdapat tiga pendekatan yang dapat digunakan dalam praktik pengintegrasian disiplin-disiplin STEM. Tiga pendekatan pendidikan STEM tersebut yaitu pendekatan terpisah (*silo*), pendekatan tertanam (*embeded*), dan pendekatan terpadu (*terintegrasi*) (Roberts and Cantu, 2012). Ketiga pendekatan tersebut

untuk mempermudah menerapkan pembelajaran yang bermakna bagi peserta didik, mempermudah mengintegrasikan pengetahuan, konsep dan keterampilan secara sistematis pada pembelajaran STEM (Kelley and Knowles, 2016). Pembelajaran dengan pendekatan STEM mampu meningkatkan kreativitas dan kemampuan akademik peserta didik dimana peserta didik mampu bertanya, dan menerapkan pengetahuan yang didapat melalui desain produk yang dibuat oleh peserta didik. Hal ini sejalan dengan pernyataan (Tanel, 2019) bahwa pembelajaran STEM mampu menghasilkan kemampuan akademik yang lebih tinggi. Namun menurut Guzey (2009) hanya dengan menambahkan proses engineering dalam pembelajaran sains belum dikatakan dapat mendukung pembelajaran dengan baik, melaksanakan pembelajaran yang bermakna menghubungkan konsep sains dan praktik teknik merupakan hal yang penting untuk menghasilkan hasil siswa yang positif. Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa STEM terdiri dari tiga pendekatan yaitu yaitu pendekatan terpisah (silo), pendekatan tertanam (*embedded*), dan pendekatan terpadu (terintegrasi) dalam mengintegrasikan pembelajaran yang bermakna dan meningkatkan kreativitas dan kemampuan akademik peserta didik.

2.1.7 Keterampilan Berpikir Kreatif

Keterampilan berpikir kreatif akan menstimulus peserta didik mengenai bagaimana caranya untuk menemukan solusi yang berbeda ketika menghadapi suatu masalah. Menurut Erdem *et al.*, (2019) pada penelitiannya menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan secara statistik antara perspektif guru pada tingkat kreatifitas siswa berdasarkan jenis kelamin, level kelas, dan tingkat pendidikan. Penelitian yang telah dilakukan oleh Canel (2015) dengan mengumpulkan data pada tahun ajaran 2012-2014 menunjukkan bahwa keterampilan kelancaran (fluency), keluwesan (flexibility), keaslian (originality), dan penguraian (elaboration) telah berkembang dengan baik. Keterampilan berpikir kreatif merupakan keterampilan kognitif yang digunakan untuk memunculkan ide atau gagasan baru sebagai pengembangan dari ide atau gagasan yang sudah ada sebelumnya. Keterampilan berpikir kreatif juga merupakan

keterampilan yang digunakan siswa untuk memecahkan masalah dari berbagai sudut pandang. Menurut Liliawati (2011) keterampilan berpikir kreatif adalah keterampilan kognitif untuk memunculkan dan mengembangkan gagasan baru, ide baru sebagai pengembangan dari ide yang telah lahir sebelumnya dan keterampilan untuk memecahkan masalah secara divergen (dari berbagai sudut pandang).

Kemampuan berfikir kreatif dapat dilihat dari cara peserta didik memecahkan suatu permasalahan. Indikator keterampilan berpikir kreatif menurut Torrance dalam Al- Suleiman (2009) yaitu kelancaran (*fluency*), keluwesan (*flexibility*), keaslian (*originality*), dan penguraian (*elaboration*).

Fluency adalah kemampuan untuk menghasilkan sebanyak mungkin gagasan. Terdapat dua faktor dalam keterampilan berpikir *fluency*, yaitu verbal yang diwujudkan dalam banyaknya ucapan, dan banyaknya ide yang dikeluarkan secara cepat. Keterampilan ini melatih peserta didik agar dapat mengajukan banyak pertanyaan dan mampu mengemukakan ide-ide yang serupa untuk memecahkan suatu masalah

Flexibility adalah kemampuan seorang individu untuk mentransfer ide atau gagasan kepada orang lain. Terdapat dua jenis keterampilan berpikir *flexibility* yaitu *spontaneous flexibility* dan *adaptive flexibility*. *Spontaneous flexibility* adalah kemampuan untuk menghasilkan beragam kelompok pemikiran yang bebas dari dormansi dan inersia, artinya menghasilkan banyak ide yang dapat terus dikembangkan. *Adaptive flexibility* adalah kemampuan untuk pemecahan masalah yang menjadi lebih jelas ketika masalah membutuhkan solusi luar biasa. Pada keterampilan ini, peserta didik dapat memberikan bermacam-macam penafsiran terhadap suatu kondisi. Penelitian ini lebih memusatkan keterampilan *adaptive flexibility*.

Originality adalah kemampuan berpikir yang mengacu pada ide-ide baru secara pedagogik yang dihasilkan oleh orang kreatif dimana ide tersebut bersifat unik,

tanggapan yang tidak kontradiktif, dan secara simultan dapat diterima dengan kecenderungan untuk memberikan asosiasi gagasan yang luas. Keterampilan ini melatih peserta didik agar dapat memberikan bermacam-macam penafsiran terhadap suatu kondisi dan memikirkan hal-hal yang tak pernah terpikirkan oleh orang lain.

Elaboration adalah kemampuan untuk menambahkan rincian dan makna solusi dan pemikiran asli untuk ide-ide yang sedang dikembangkan.

Keterampilan ini melatih peserta didik agar dapat mengembangkan atau memperkaya gagasan orang lain dan menyusun langkah-langkah secara terperinci. Penelitian telah menunjukkan bahwa keterampilan berfikir kreatif dipengaruhi oleh berbagai keadaan, seperti kolaborasi dan motivasi untuk menyelesaikan masalah (Abidin, 2016). Melalui berfikir kreatif, peserta didik tidak hanya terpaku pada satu pendapat atau gagasan saja, sehingga peserta didik memiliki alternatif cara untuk menghadapi masalah di masa depan (Denny *et al.*, 2018).

Berpikir kreatif membuahkan suatu kreativitas. Kreativitas adalah kemampuan individu untuk menghasilkan komposisi, produk, atau ide-ide yang berkaitan dengan tugas-tugas tertentu yang pada dasarnya baru. Kreativitas juga merupakan proses, kontribusi ide-ide baru, sudut pandang yang berbeda, cara baru dalam melihat masalah, situasi atau kejadian dimana kebebasan individu adalah dasar dari ekspresi (Al-Suleiman, 2009).

Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa keterampilan berpikir kreatif adalah keterampilan dalam mengembangkan ide yang telah dimiliki sebelumnya dan keterampilan dalam memecahkan masalah dari berbagai sudut pandang. Adapun keterampilan berpikir kreatif meliputi: *Fluency*, *Flexibility*, *Originality* dan *Elaboration*.

2.1.8 Sustainability Literacy

Sustainability literacy dalam hal ini merupakan pengetahuan, keterampilan, sikap,

dan perilaku keberlanjutan terkait efisiensi energi dan pembuatan energi terbarukan (Davis et al., 2009). Literasi keberlanjutan (*Sustainability literacy*) merupakan suatu pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang memungkinkan setiap individu untuk berkomitmen dalam membangun masa depan yang berkelanjutan, serta membantu dalam membuat keputusan yang tepat serta efektif untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan. Literasi keberlanjutan harus mengembangkan pengetahuan dan keterampilan yang mencakup aspek sosial, ekonomi dan lingkungan dari pembangunan berkelanjutan (Decamps, 2017). *Sustainability literacy* merupakan bagian dari *education sustainable development* (ESD) peserta didik akan mendapatkan pengetahuan juga keterampilan dalam mengelola sesuatu (Segara, 2015). *Sustainability literacy* dapat meningkatkan kesadaran siswa akan isu-isu keberlanjutan dan untuk membangun kompetensi terkait dengan kehidupan alam dan hubungan manusia dengan alam (Ayu, 2023). Selain itu, *sustainability literacy* dapat meningkatkan kesadaran peserta didik agar lebih terampil dalam mengolah sampah di lingkungan sekitar menjadi barang yang lebih bermanfaat. Terdapat tiga kriteria indikator *sustainability literacy* menurut Deni et al, (2022) yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Indikator *Sustainability Literacy*

Indikator <i>Sustainability Literacy</i> (1)	Aktivitas pembelajaran (2)
Mengklasifikasikan berbagai sumber energi terbarukan dan tak terbarukan	Peserta didik mengamati video atau gambar tentang sumber energi yang disajikan guru. Kemudian peserta didik mengklasifikasikan sumber energi berdasarkan sumber energi terbarukan dan energi tak terbarukan.
Memahami dampak keterbatasan sumber energi	Peserta didik mengidentifikasi masalah keterbatasan sumber energi yang disajikan guru. Kemudian peserta didik mengklasifikasikan dampak keterbatasan sumber energi tersebut secara lokal, nasional maupun global.
Menunjukkan tindakan untuk mengurangi dan mencegah keterbatasan energi	Peserta didik membuat produk energi alternatif sederhana dengan memanfaatkan alat dan bahan yang ada di lingkungan sekitar

(Deni et al, 2022)

2.1.9 Teori Belajar Bermakna

Pembelajaran bermakna merupakan suatu proses menghubungkan informasi baru pada konsep-konsep relevan yang terdapat dalam struktur kognitif seseorang. Pembelajaran bermakna diawali dengan pengamatan. Artinya, konstruksi pengetahuan dimulai dengan pengamatan dari peristiwa dan objek melalui konsep-konsep yang sudah dimiliki. Dalam pembelajaran bermakna, seseorang harus menghubungkan pengetahuan baru pada konsep yang relevan dengan apa yang telah mereka ketahui, dengan kata lain bahwa pengetahuan baru harus berinteraksi dengan struktur kognitif pembelajar. Kemudian belajar dikategorikan menjadi dua yaitu; (1) Berhubungan dengan cara informasi itu disajikan kepada peserta didik melalui penerimaan dan penemuan; (2) Berhubungan dengan cara peserta didik menghubungkan informasi tersebut ke dalam struktur kognitifnya dalam bentuk fakta, konsep dan generalisasi yang telah dipelajari dan diingat peserta didik (Ausubel *et al.*, 1961). Berdasarkan uraian diatas ada tiga persyaratan yang diperlukan agar berlangsungnya suatu pembelajaran bermakna menurut (Sarid, 2018) yaitu:

- 1). Materi yang akan dipelajari harus bermakna secara potensial artinya, materi harus memiliki kebermaknaan logis, konsisten dengan yang telah diketahui peserta didik, dan sesuai dengan tingkat perkembangan dalam struktur kognitif peserta didik.
- 2). Harus memiliki konsep dan proposisi yang relevan dalam struktur kognitifnya.
- 3). Peserta didik harus memilih untuk menghubungkan dan menginterpretasikan pengetahuan baru dengan pengetahuan yang telah dimiliki yang relevan dalam struktur kognitifnya.

Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa pembelajaran bermakna merupakan pembelajaran yang menghubungkan informasi baru dengan konsep-konsep yang relevan dalam struktur kognitif peserta didik. Adapun syarat agar pembelajaran bermakna dapat terwujud yaitu materi yang akan dipelajari harus bermakna secara potensial, memiliki konsep dan proposisi yang relevan dengan struktur kognitif peserta didik, memilih untuk menghubungkan dan

menginterpretasikan pengetahuan baru dengan pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik.

2.1.10 Pembelajaran Konstruktivisme

Konsep belajar menurut teori belajar konstruktivisme yaitu siswa mengkonstruksikan pengetahuan baru berdasarkan pengetahuan yang sudah mereka ketahui sebelumnya. Hal yang penting adalah bahwa guru tidak bisa begitu saja mentransmisikan pengetahuan kepada siswa, tetapi siswa perlu membangun pengetahuan dalam pikiran mereka sendiri. Artinya, mereka menemukan dan mengubah informasi, membandingkan informasi baru dengan yang lama, dan merevisi pengetahuan ketika sudah tidak berlaku lagi (Olusegun, 2015). Teori konstruktivisme ini dikembangkan oleh Piaget dalam teorinya yang disebut individual cognitive constructivist theory (KP) dan Vygotsky dalam teorinya yang disebut social cultural constructivist theory (KS) (Yaumi, 2013). Kedua teori ini berpendapat bahwa ilmu pengetahuan adalah hasil rekayasa manusia sebagai individu. Namun keduanya memiliki perbedaan pandangan mengenai peran individu dan masyarakat dalam proses pembentukan ilmu pengetahuan. Konstruktivisme psikologis berpangkal dari perkembangan psikologi anak dalam membangun pengetahuannya melalui proses adaptasi biologis (Piaget, 1952). Adaptasi ini terdiri dari dua proses yang saling melengkapi satu sama lain, yaitu asimilasi dan akomodasi. Asimilasi adalah proses di mana seorang individu menyerap konsep baru ke dalam pengetahuan yang sudah dimilikinya. Ketika konsep baru bergabung dengan struktur mental yang ada, tercipta makna yang baru. Sebagai hasilnya, kumpulan pengetahuan menjadi lebih kuat untuk menerima konsep tersebut. Sementara itu, akomodasi merupakan proses perubahan dalam sistem kognitif untuk menyesuaikan diri dengan konsep baru yang bertentangan dengan struktur mental yang ada (Akpan *et al.*, 2020).

Teori konstruktivisme Vygotsky lebih menekankan pada peran interaksi sosial dalam membangun kognitif anak. Menurut Vygotsky, pembelajaran tidak hanya

mengajarkan keterampilan atau pengetahuan baru, tetapi juga memicu proses perkembangan internal pada anak, dimana proses-proses ini berkembang ketika anak berinteraksi dengan orang lain dan bekerja sama dengan teman-temannya, sehingga setelah dipelajari dan diterima secara internal, proses ini menjadi bagian dari kemampuan anak untuk berkembang secara mandiri (Vygotsky, 1978: 90). Teori pembelajaran ini menggarisbawahi pentingnya pembelajaran kolaboratif, yang terjadi melalui interaksi dengan sesama pelajar, yang difasilitasi oleh instruktur berpengalaman. Teori ini menyatakan bahwa pembelajar terlibat secara kolaboratif dalam kelompok untuk bertukar ide, melakukan sesi curah pendapat, menganalisis hubungan sebab-akibat, memecahkan masalah, atau berinovasi dengan menciptakan kontribusi baru yang meningkatkan pengetahuan yang ada. (Akpan *et al.*, 2020). Vygotsky mengelompokkan perkembangan kemampuan individu menjadi dua tingkatan, yaitu tingkatan perkembangan aktual dan tingkatan perkembangan potensial. Tingkat perkembangan aktual ditentukan dengan pemecahan masalah secara mandiri, sedangkan tingkat perkembangan potensial ditentukan melalui pemecahan masalah dengan bimbingan orang dewasa atau dalam kolaborasi dengan teman sebaya yang lebih mampu. Jarak atau perbedaan antara tingkat perkembangan aktual dan tingkat perkembangan potensial disebut sebagai Zone of Proximal Development (ZPD) (Vygotsky, 1978: 86).

Zone of Proximal Development (ZPD) dapat diartikan sebagai jarak antara tingkat perkembangan yang sesungguhnya dalam bentuk kemampuan pemecahan masalah secara mandiri dengan tingkat perkembangan potensial dalam bentuk kemampuan pemecahan masalah di bawah bimbingan guru atau melalui kerjasama dengan teman sebaya yang lebih mampu. Menurut konsep ZPD, perkembangan psikologi bergantung pada kekuatan sosial sekaligus pada kekuatan individu. Menurut Vygotsky, belajar dimulai ketika seorang anak berada dalam zona perkembangan proksimal, yaitu di mana seorang anak melakukan perilaku sosial (Vygotsky, 1978: 70). Seorang anak tidak dapat melakukan sesuatu hal sendirian tanpa bantuan suatu kelompok atau orang dewasa, yang mana dalam proses pembelajaran adalah guru. Dalam proses pembentukan kognitifnya, seorang anak

mampu meniru tindakan yang melampaui kapasitasnya, tapi hanya dalam batas-batas tertentu. Jika dibimbing oleh orang dewasa, anak sanggup melakukan yang lebih baik daripada ketika melakukannya sendiri.

Dalam pembelajaran, proses pembentukan kognitif siswa membutuhkan dukungan dari guru berupa penopang (scaffolding). Scaffolding merujuk pada memberikan bantuan yang intensif kepada individu pada tahap awal pembelajaran, kemudian secara bertahap mengurangi dukungan tersebut, memberikan kesempatan kepada anak untuk mengambil tanggung jawab lebih besar ketika mereka mulai dapat mengerjakan tugas secara mandiri (Tamrin dkk., 2011). Bantuan tersebut bisa berupa dorongan, petunjuk, memberikan contoh, menguraikan masalah ke dalam langkah-langkah pemecahan, dan tindakan lainnya yang memungkinkan siswa tersebut agar dapat belajar secara mandiri. Guru memberikan bantuan belajar (dalam hal ini scaffolding) secara penuh dan kontinu untuk membantu siswa membangun pemahaman atas pengetahuan dan proses belajar yang baru (Kurniasih, 2012). Secara dasar, scaffolding bertujuan untuk meningkatkan pembelajaran melalui interaksi sosial yang melibatkan pemahaman dan kebutuhan belajar, sementara secara teori, scaffolding dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik dalam proses pembelajaran (Adinda dkk., 2024).

2.1.11 Hands-on Activity

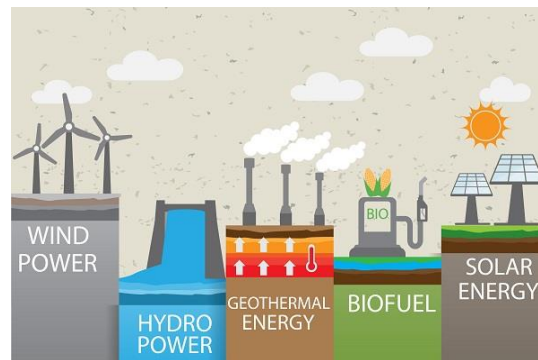
Hands-on Activity adalah domain psikomotor dalam pembelajaran yang melibatkan fisik dan pengetahuan untuk menyelesaikan masalah (Gazibara, 2020). Cakupan hands-on activity sangat luas mulai dari keterampilan praktis, pekerjaan fisik, manual, seni, hingga kegiatan sosial. *Hands-on activity* dirancang untuk melibatkan peserta didik dalam menggali informasi dan bertanya, beraktivitas dan menemukan, mengumpulkan data dan menganalisis serta membuat kesimpulan sendiri (Kartono, 2010). Selama kegiatan hands-on activity peserta didik terlibat dalam pengalaman praktik secara langsung saat mereka menerapkan pembelajaran dan belajar dari kegagalan mereka. *Hands-on activity* menekankan bahwa peserta didik dapat belajar lebih baik ketika mereka menyentuh, menggambar, mencatat

data dan ketika mereka menemukan jawaban untuk diri mereka sendiri daripada diberikan jawaban dalam buku pelajaran. *Hands-on activity* dalam pembelajaran sains memungkinkan peserta didik untuk melakukan atau menangani, memanipulasi, dan mengamati suatu proses ilmiah (Haury & Rillero, 1994). Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa *Hands-on Activity* adalah domain psikomotor dalam pembelajaran yang melibatkan fisik dan pengetahuan peserta didik untuk menyelesaikan masalah, melalui kegiatan menggali informasi, bertanya, menemukan, mengumpulkan data, menganalisis, membuat kesimpulan. *Hands-on activity* dalam pembelajaran sains memainkan peran penting untuk memahami makna sebenarnya dari penyelidikan ilmiah yang dilakukan oleh peserta didik. Peserta didik dilibatkan dalam kegiatan membuat representasi masalah, merancang proses menyelesaikan masalah, dan melakukan penyelidikan untuk menguji hipotesis yang telah disusun. Penggunaan berbagai representasi dengan benar melalui kegiatan hands-on activity akan lebih memungkinkan mereka untuk berhasil menyelesaikan masalah, dan peserta didik yang memiliki nilai tinggi cenderung menggunakan lebih banyak representasi. Makin banyak pengalaman yang mereka lakukan, makin banyak juga representasi yang mereka gunakan untuk menyelesaikan masalah. Beberapa indikator psikomotor yang terdapat pada *Blooms Taxonomy* yang dikembangkan oleh Simpson (1971) dapat digunakan sebagai bentuk dari kegiatan *hands-on activity*, dalam hal ini meliputi indikator adapt, respond, sketch, measure, dan revises.

2.1.12 Energi Terbarukan

Peningkatan kebutuhan sumber energi semakin bertambah, seiring dengan pesatnya pembangunan, baik di sektor industri, ekonomi, maupun penduduk. (Anisa, dkk. 2022). Indonesia sebagai negara berkembang masih membutuhkan penyediaan energi sebagai faktor yang sangat penting dalam mendukung pembangunan. Pemenuhan energi listrik untuk berbagai kebutuhan masih sangat tergantung pada sumber energi tak terbarukan yang relatif terbatas. (Halil, 2019). Pengelolaan energi terbarukan menjadi pilihan sebagai upaya terciptanya kemandirian dan ketahanan energi nasional karena relatif tidak mahal, bersifat

netral karbon, kebanyakan tidak menimbulkan polusi dan semakin mendapatkan dukungan dari berbagai pihak untuk menggantikan solusi energi tidak terbarukan berbasis bahan bakar fosil. Implementasi teknologi ini dapat memberikan peluang kemandirian kepada masyarakat untuk mengelola dan mengupayakan kebutuhan energi mereka sendiri beserta solusinya. Energi terbarukan berasal dari elemen-elemen alam yang tersedia di bumi dalam jumlah besar, seperti matahari, angin, sungai, tumbuhan, dan sebagainya (Silitonga dan Ibrahim, 2020). Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa peningkatan kebutuhan sumber energi yang semakin bertambah khususnya di Indonesia mendorong pengelolaan energi terbarukan sebagai pilihan dalam upaya terciptanya kemandirian dan ketahanan energi nasional. Contoh sumber energi alternatif dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sumber Energi Alternatif

Sumber energi terbarukan di Indonesia yang dapat digunakan salah satunya adalah air laut. Indonesia memiliki lautan yang luas sekitar 3.273.810 km². Air laut dapat menjadi sumber energi karena memiliki campuran 96,5% air murni dan 3,5% material garam murni. Pada dasarnya, air laut mengandung senyawa NaCl yang tinggi dan oleh H₂O diuraikan menjadi Na⁺ dan Cl⁻. Timbulnya arus listrik oleh muatan bebas tersebut dapat dipakai sebagai sumber energi listrik yang murah, ramah lingkungan, dan berkelanjutan dengan menggunakan metode sel elektrokimia. Pada sel elektrokimia, selain terdapat larutan elektrolit juga terdapat katoda dan anoda. Fungsi dari katoda dan anoda adalah sebagai tempat terjadinya reaksi oksidasi dan reduksi (Annisa & Zainuri., 2020). Prinsip elektrokimia dapat ditemukan pada pembuatan baterai. Air laut dapat dimanfaatkan sebagai larutan elektrolit dalam pembuatan baterai. Selain itu, garam dapur yang dihasilkan air

laut juga dapat dimanfaatkan sebagai larutan elektrolit. Larutan elektrolit yang dibuat dari garam dapur termasuk pada jenis elektrolit kuat (Palamarta, 2019). Alumunium diperoleh dari kaleng kemasan sebagai salah satu upaya mengurangi limbah B3 di lingkungan (Putra, dkk. 2019). Sedangkan, elektroda diperoleh dari karbon aktif sisa pembakaran tempurung kelapa sebagai salah satu limbah organik yang sulit terurai oleh mikroorganisme dikarenakan sifatnya yang keras (Honorisal *et al.*, 2020). Limbah tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif salah satunya melalui energi biomassa. Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa energi alternatif dapat diperoleh dari lingkungan sekitar seperti air laut sebagai larutan elektrolit, alumunium dari sampah kemasan kaleng dan karbon aktif sisa pembakaran tempurung kelapa.

2.1.13 Bio Baterai Kulit Nanas

Baterai adalah perangkat yang dapat mengonversi energi kimia yang terkandung pada bahan aktif dengan komponen penyusun baterai dapat menjadi energi listrik melalui reaksi elektrokimia reduksi dan oksidasi. Biobaterai adalah jenis baterai yang menggunakan bahan-bahan organik sebagai sumber energi, seperti limbah pertanian, limbah makanan, dan limbah hewan. Prinsip kerja biobaterai melibatkan transportasi elektron antara dua elektroda atau dikatakan sebagai elektrolit (Oktaviani & Gaol, 2022). Limbah organik tersebut dapat diubah menjadi elektron melalui proses reduksi dan oksidasi. Proses reduksi dan oksidasi dalam biobaterai memerlukan elektroda untuk mengaliri aliran listrik dari elektrolit (Nasution, 2021).

Indonesia merupakan penghasil nanas yang cukup besar, pada tahun 2022 menghasilkan sebanyak 3.203.775 ton (BPS, 2022). Peningkatan produksi nanas beriringan dengan meningkatnya jumlah kulit nanas yang dihasilkan, peningkatan limbah kulit nanas ini akan menjadi tantangan dalam pengelolaan limbah jika tidak dikelola dengan baik (Tuhuteru *et al.*, 2021). Limbah kulit nanas yang dihasilkan pertahun sekitar 4.024.800 kg yang di buang begitu saja (Shidiq *et al.*, 2022). Limbah kulit nanas ini berpotensi untuk menjadi sumber daya yang berguna, seperti penggunaan dalam produksi pakan ternak, bioetanol, dan sumber energi seperti biobaterai. Baterai yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah bio baterai berbahan dasar kulit nanas. Nanas merupakan buah yang berpotensi dikembangkan menjadi biobaterai. Nanas mengandung asam mineral berupa

asam sitrat (HNO_3) dan asam klorida yang bersifat sebagai elektrolit kuat yang bisa dimanfaatkan sebagai energi listrik (Ibrahim et al., 2016). Baterai ini bekerja selayaknya baterai biasa dimana komponen yang digunakan sama seperti baterai sekunder pada umumnya. Baterai ini dibuat dengan mendaur ulang baterai bekas, dimana wadah dan batang karbon dari baterai bekas masih digunakan namun bubuk karbon dari baterai bekas yang sudah kering diganti dengan kulit nanas. Bahan tambahan lain yang digunakan dalam baterai kulit nanas ini yaitu Sodium bikarbonat dan NaCl .

Penelitian tentang biobaterai dari limbah kulit nanas sebelumnya telah dilakukan diantaranya yaitu oleh Fitrya *et al.*, (2021) penelitian ini menghasilkan bahwa pasta kulit nanas murni menghasilkan tegangan maksimum 2,410 volt, arus maksimum 0,21 mA. Penelitian Oktaviani & Gaol, (2022) buah nanas yang ditambahkan aki bekas dan NaOH dengan elektroda batang karbon dan seng menghasilkan tegangan 4,36 Volt. Larutan kulit nanas pada penelitian Masthura & Jumiaty, (2021) menghasilkan tegangan 3,50 V dan arus 36 mA elektroda yang digunakan tembaga dan seng.

2.1.14 Education for Sustainable Development (ESD)

Pada tahun 2002 di Johannesburg, UNESCO resmi mengenalkan konsep Education for Sustainable Development (ESD) di dalam pendidikan sebagai pendekatan dalam pembelajaran yang mendukung pembangunan berkelanjutan. Pendidikan untuk keberlanjutan (ESD) adalah proses belajar sepanjang hayat yang bertujuan untuk menginformasikan dan melibatkan penduduk agar kreatif dan juga memiliki keterampilan menyelesaikan masalah, saintifik, dan sosial literasi, lalu berkomitmen untuk terikat pada tanggung jawab pribadi dan kelompok (UNESCO, 2017). Pembelajaran dengan konteks ESD akan mengarahkan peserta didik untuk belajar mengajukan pertanyaan yang kritis, belajar memperjelas nilai-nilai seseorang, belajar untuk membayangkan masa depan yang lebih positif dan berkelanjutan, belajar berpikir sistematis, dan lainnya (Tilbury, 2019). Diharapkan peserta didik dapat menyelesaikan permasalahan yang nyata dalam pembelajaran dengan memperhatikan dampak bagi lingkungan, sosial, dan ekonomi. ESD merupakan upaya memberikan pendidikan dan pengetahuan supaya peserta didik dapat memanfaatkan alam sekaligus melestarikannya. ESD dirancang untuk mewujudkan kepribadian holistik, cinta lingkungan yang

dirasakan dan diterapkan orang dalam kehidupan ramah lingkungan setiap hari. Pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan diharapkan dapat mengubah paradigma dan perilaku seluruh masyarakat untuk berpartisipasi dalam pelaksanaannya. Empat pilar pembangunan berkelanjutan tersebut antara lain membangun ketahanan ekonomi yang berkeadilan dan berkelanjutan, serta melestarikan lingkungan dan masyarakat untuk melestarikan keanekaragaman budaya (Daryono, dkk. 2016). Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa *Education for Sustainable Development (ESD)* adalah pendekatan dalam pembelajaran yang mendukung pembangunan berkelanjutan agar peserta didik dapat memanfaatkan alam dan melestarikannya.

Penggunaan interdisipliner dalam pembelajaran berbaasis ESD pada mata pelajaran fisika dapat mendorong pemahaman peserta didik tentang pembangunan berkelanjutan (Munkebye *et al.*, 2020). Kontribusi ESD dalam pembelajaran yaitu untuk mengembangkan kemampuan dan kepercayaan diri peserta didik. Peserta didik belajar beradaptasi dengan situasi kompleks yang berkembang dan mengembangkan keterampilan tingkat tinggi, keterampilan memecahkan masalah, dan nilai nilai untuk pembangunan berkelanjutan. Keberlanjutan bukan hanya tentang lingkungan, tetapi terutama tentang penyesuaian antara kelestarian lingkungan dan pembangunan manusia. Peserta didik yang mengikuti pembelajaran berbasis ESD diharapkan akan menjadi peduli terhadap isu-isu global, belajar bertindak sebagai warga negara yang bertanggungjawab secara lokal dan global. ESD juga menginspirasi peserta didik untuk menciptakan solusi untuk masa depan (Laurie *et al.*, 2016). Langkah-langkah pembelajaran berbasis ESD menurut Amran (2020) adalah sebagai berikut.

- 1). Mengumpulkan studi kasus yang berkaitan dengan isu permasalahan lingkungan/masyarakat yang berhubungan dengan materi pembelajaran
- 2). Merembukkan lebih lanjut terkait isu permasalahan dengan menyediakan alternatif solusi
- 3). Menganalisis dan menyelidiki alternatif solusi atas permasalahan yang diberikan;
- 4). Mengkomunikasikan alternatif solusi dihadapan guru dan masyarakat

5). Menerapkan solusi untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa pembelajaran berbasis ESD pada mata pelajaran fisika dapat mendorong pemahaman peserta didik tentang pembangunan berkelanjutan terkait penyesuaian antara kelestarian lingkungan dan pembangunan manusia.

2.1.15 Program Pembelajaran

Program pembelajaran adalah serangkaian kegiatan belajar yang direncanakan meliputi kegiatan belajar, mengajar, dan penilaian. Program pembelajaran berarti kegiatan pembelajaran yang berurutan, terkait pengimplementasian kurikulum, yang mengarah pada pencapaian kualifikasi tertentu (Saqa, 2000). Sebuah program pembelajaran memberikan dasar untuk proses pembelajaran yang kohesif dan terintegrasi dengan menguraikan proses pembelajaran dan penilaian (dan itu dapat menjadi bagian dari strategi penyampaian dan penilaian yang lebih besar) (College, 2021). Program pembelajaran yang berkualitas memiliki komponen material yang menjadi dasar untuk pengetahuan yang mutakhir serta semua komponen sesuai dan secara konsisten saling terkait satu sama lain sehingga produk dapat diuji cobakan ke lapangan untuk mengukur efektivitas dan kepraktisannya pada pembelajaran Fisika (Plomp & Nieveen, 2010). Berdasarkan kajian di atas penulis menyimpulkan bahwa program pembelajaran adalah serangkaian kegiatan pembelajaran yang berurutan dalam mengimplementasikan kurikulum meliputi kegiatan belajar, mengajar, dan penilaian sebagai dasar untuk proses pembelajaran yang kohesif dan terintegrasi.

2.1.15.1 Silabus

Silabus adalah sebuah rencana tentang apa yang ingin dicapai melalui pengajaran dan pembelajaran siswa (Breen, 1984, hal 54). Silabus adalah sebuah pernyataan tentang apa yang akan dipelajari. Silabus adalah kerangka kerja di mana guru dapat menemukan apa yang harus diajarkan kepada siswa, bagaimana cara mengajar, apa yang harus dipelajari dan bagaimana cara mempelajarinya,

berdasarkan tujuan, di mana konten, struktur, metodologi, kegiatan, materi, dan sumber daya diorganisasikan (Hutchinson and Waters, 1987: 80) . Silabus merupakan rancangan pembelajaran pada suatu kelompok mata pelajaran yang mencakup standar kompetensi, Kompetensi Dasar (KD), materi pokok atau pembelajaran, kegiatan pembelajaran, Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK) penilaian, alokasi waktu, dan sumber belajar (Pusdiklat Pegawai Kemendikbud, 2017:5). Komponen dalam mengembangkan silabus menurut Pusdiklat Pegawai Kemendikbud (2017:5) sebagai berikut. Identifikasi, mencakup nama satuan/lembaga, nama mata pelajaran, dan tingkat/derajat/kelas .

- a. Standar Kompetensi, yaitu patokan tentang pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang harus dimiliki oleh peserta didik untuk mengerjakan suatu tugas yang sesuai dengan apa yang dipersyaratkan.
- b. Kompetensi Dasar (KD) yang terdiri atas sikap, pengetahuan dan keterampilan yang bersumber dari kompetensi inti yang harus dikuasai peserta didik.
- c. Materi Pokok atau materi inti yang gambaran mengenai kompetensi utama yang dikelompokkan dalam aspek afektif, kognitif dan psikomotorik untuk mencapai hard skill dan soft skill.
- d. Kegiatan Belajar, memuat rangkaian kegiatan yang harus dilakukan oleh peserta didik secara berurutan untuk mencapai KD dan dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang melibatkan proses mental dan fisik melalui interaksi antar peserta didik, peserta didik dengan pendidik, lingkungan dan sumber belajar lainnya dalam rangka pencapaian kompetensi.
- e. Indikator atau petunjuk atau keterangan yang dijadikan sebagai tolok ukur untuk perkembangan dan penguasaan peserta didik.
- f. Penilaian, yaitu kriteria mengenai mekanisme, prosedur, dan instrumen penilaian hasil belajar peserta didik.
- g. Sumber/bahan/alat, yang digunakan untuk kegiatan pembelajaran, yang berupa media cetak dan elektronik, narasumber, serta lingkungan fisik, alam, sosial, dan budaya. Penentuan sumber belajar didasarkan pada standar kompetensi dan kompetensi dasar serta materi pokok/pembelajaran, kegiatan pembelajaran, dan indikator pencapaian kompetensi.

Berdasarkan kajian di atas penulis menyimpulkan bahwa silabus adalah rancangan pembelajaran pada kelompok mata pelajaran tertentu yang mencakup beberapa komponen penting meliputi: standar kompetensi, Kompetensi Dasar (KD), materi pembelajaran, kegiatan pembelajaran, Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK), penilaian, alokasi waktu, dan sumber belajar.

2.1.15.2 RPP (Rencana Pelaksanaan Pembelajaran)

Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) didefinisikan sebagai satuan program pembelajaran yang dibuat dengan merumuskan satu atau beberapa Kompetensi Dasar (KD) untuk satu atau beberapa kali pertemuan. RPP berisi gambaran secara garis besar terkait dengan kegiatan pembelajaran yang akan dilaksanakan antara guru dan peserta didik (Fahrurrozi dan Mohzana, 2020). RPP dapat berfungsi sebagai panduan bagi guru dan siswa dalam melaksanakan pembelajaran yang mengarah pada pencapaian tujuan pembelajaran. Kesadaran dan tanggung jawab guru dalam menyusun RPP akan menjadi tolak ukur pembelajaran yang efektif (Yaumi, 2013). Merancang rencana pembelajaran didefinisikan sebagai proses penyusunan materi pelajaran, penggunaan media pembelajaran, pendekatan dan metode pembelajaran, serta menyusun langkah-langkah pembelajaran dalam mencapai tujuan (Majid, 2011). Berdasarkan kajian diatas penulis menyimpulkan bahwa RPP adalah gambaran secara garis besar mengenai kegiatan pembelajaran yang akan dilaksanakan antara guru dan peserta didik yang berfungsi sebagai panduan dalam melaksanakan pembelajaran untuk mencapai tujuan pembelajaran. Menurut Fahrurrozi dan Mohzana (2020) RPP harus didasarkan pada beberapa prinsip sebagai berikut.

- a. Kompetensi yang dirumuskan harus jelas.
- b. Sederhana, fleksibel, dan dapat dilaksanakan dalam kegiatan pembelajaran dan pembentukan kompetensi peserta didik.
- c. Kegiatan yang disusun dan dikembangkan harus menunjang dan sesuai dengan KD yang akan diwujudkan.
- d. Utuh dan menyeluruh, serta jelas pencapaiannya.
- e. Harus ada koordinasi antara komponen pelaksanaan program di sekolah,

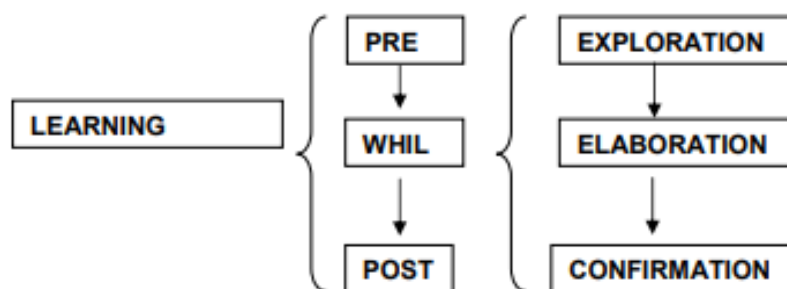
terutama apabila pembelajaran dilaksanakan secara tim atau dilaksanakan diluar kelas agar tidak mengganggu jam-jam pelajaran.

Kegiatan pembelajaran yang termuat pada modul ajar dapat mendorong keaktifan peserta didik, karena diarahkan untuk menemukan konsep dan memecahkan masalah yang memungkinkan adanya interaksi antar peserta didik. Masalah ini disajikan secara nyata terkait dengan lingkungan sekitar, sehingga dapat memotivasi peserta didik dalam mencari berbagai informasi dalam menyelesaikan permasalahan tersebut (Novitra *et al.*, 2021). Penggunaan modul ajar juga berperan penting dalam kesuksesan proses kegiatan belajar mengajar terutama pada mata pelajaran Fisika (Tzou., *et al*, 2021). Selain itu, penggunaan modul ajar juga dapat membantu literasi siswa (Putri.,*et al*, 2020). Kriteria modul ajar yang dikembangkan mencakup informasi umum, komponen inti dan lampiran yang merupakan komponen modul ajar (BSKAP Kemendikbudristek, 2022). Menurut (Suyanto dkk, 2009) komponen-komponen rencana pembelajaran antara lain sebagai berikut.

1. Identitas pokok bahasan yang terdiri dari; a. Judul pelajaran, b Kelas/ semester, c. Program (khusus untuk Sekolah Menengah Atas), d. Tema, e. Alokasi waktu.
2. Standar Kompetensi, standar kompetensi adalah kualifikasi kemampuan minimal peserta didik yang menggambarkan penguasaan pengetahuan, sikap, dan keterampilan yang diperoleh yang diperoleh siswa pada setiap kelas atau semester untuk setiap mata pelajaran.
3. Kompetensi Dasar, kompetensi dasar merupakan gambaran kemampuan peserta didik pada mata pelajaran tertentu sebagai rujukan untuk menentukan indikator pencapaian kompetensi pada suatu mata pelajaran.
4. Indikator pencapaian kompetensi, perilaku yang dapat diukur atau diobservasi yang menunjukkan ketercapaian kompetensi dasar tertentu yang menjadi acuan penilaian mata pelajaran. Indikator pencapaian kompetensi dirumuskan dengan kata kerja operasional yang dapat diukur yang mencakup pengetahuan, pengetahuan, sikap, dan keterampilan.
5. Tujuan Instruksional, tujuan instruksional menggambarkan proses dan

hasil belajar yang dicapai yang dicapai oleh siswa sesuai dengan kompetensi dasar

6. Materi pembelajaran, materi pembelajaran memuat fakta, konsep, prinsip, dan prosedur yang relevan, dan ditulis dalam bentuk butir-butir sesuai dengan indikator pencapaian kompetensi yang akan dicapai.
7. Alokasi waktu, waktu dialokasikan sesuai dengan keperluan untuk mencapai kompetensi dasar dan beban belajar.
8. Metodologi, metode digunakan oleh guru untuk mewujudkan suasana pembelajaran agar peserta didik mencapai kompetensi dasar atau seperangkat indikator yang telah ditentukan. Pemilihan metode harus mempertimbangkan situasi dan kondisi siswa serta karakteristik setiap indikator dan kompetensi yang akan dicapai pada setiap mata pelajaran.
9. Kegiatan pembelajaran
 - a. Kegiatan awal, kegiatan ini dilakukan pada awal pembelajaran dan bertujuan untuk membangkitkan motivasi dan memusatkan perhatian siswa, sehingga siswa dapat berpartisipasi aktif selama pembelajaran berlangsung.
 - b. Kegiatan inti, kegiatan inti merupakan kegiatan pembelajaran yang dilakukan untuk mencapai kompetensi dasar. Kegiatan ini dilakukan secara interaktif, inspiratif menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, dan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk melakukan inovasi, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, motivasi, dan perkembangan fisik serta perkembangan fisik dan psikologis. Kegiatan ini dilakukan secara sistematis melalui proses eksplorasi, elaborasi, dan konfirmasi.
 - c. Kegiatan Penutup, kegiatan ini dilakukan untuk mengakhiri pembelajaran yang dapat berupa rangkuman, evaluasi, refleksi, umpan balik, dan kegiatan tindak lanjut. Tahapan kegiatan pembelajaran dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Kegiatan Pembelajaran

10. Evaluasi, Prosedur dan instrumen penilaian harus didasarkan pada indikator pencapaian kompetensi dan mengacu pada standar evaluasi
11. Sumber Belajar, Pemilihan sumber belajar harus mempertimbangkan standar kompetensi dan kompetensi dasar, serta materi pembelajaran, kegiatan pembelajaran, dan kegiatan pembelajaran, dan indikator pencapaian kompetensi.

2.2 Penelitian Relevan

Adapun beberapa penelitian yang relevan terkait penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Penelitian Relevan

Nama Peneliti	Judul Artikel	Hasil Penelitian	Perbedaan
(1)	(2)	(3)	(4)
(Makuasa and Rahmawati, 2024)	<i>Development of a Chemistry Learning E-module Based on Project-based Learning with a STEM Approach to Improve Students Problem Solving and Communication Skills on Solubility and Solubility Product Material</i>	Hasil menunjukkan bahwa E-Modul PjBL-STEM yang dikembangkan pada pembelajaran kimia terkategori valid, praktis dan efektif untuk meningkatkan keterampilan komunikasi peserta didik	Produk yang dikembangkan program pembelajaran untuk menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan <i>sustainability literacy</i>
(Kurniasari et al., 2023)	<i>Analysis of the STEM-Based Blended Project Based Learning Model to Improve Students' Science Literacy</i>	Hasil yang diperoleh bahwa penerapan model pembelajaran <i>blended project-based learning</i> berbasis STEM	Penerapan model pembelajaran STEM PjBL berbasis SSI

Nama Peneliti (1)	Judul Artikel (2)	Hasil Penelitian (3)	Perbedaan (4)
		praktis dan efektif dalam meningkatkan keterampilan literasi sains siswa SMP.	
(Oktaviani, dkk. 2023)	<i>Creative Thinking-Oriented Students' Scientific Literacy Skills: Preliminary Study</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemahaman guru IPA SMP di Kota Langsa, Aceh dalam mengembangkan asesmen keterampilan berpikir masih rendah, sehingga berdampak pada rendahnya keterampilan berpikir kreatif dan scientific literacy peserta didik.	Produk yang dikembangkan program pembelajaran
(Pramesti et al., 2022)	<i>Effectiveness of Project Based Learning Low Carbon STEM and Discovery Learning to Improve Creative Thinking Skills</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa PjBL-Low Carbon STEM adalah pendekatan pembelajaran yang praktis untuk mengembangkan keterampilan berpikir kreatif peserta didik.	Penerapan pendekatan <i>Socio Scientific Issue</i> (SSI)
(Deni et al., 2022)	<i>Development of Learning Program Based on Multiple Representations Integrated with PjBL George Lucas and STEM to Foster Students' Sustainability Literacy</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa program pembelajaran energi terbarukan berbasis representasi multipel yang terintegrasi PjBL George Lucas dan STEM dapat menumbuhkan <i>sustainability literacy</i> siswa.	Penerapan pendekatan <i>Socio Scientific Issue</i> (SSI)
(Syukri et al., 2021)	<i>Development of a PjBL Model Learning Program Plan based on a STEM Approach to Improve Students' Science Process Skills</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa program pembelajaran dengan model PjBL berbasis pendekatan STEM yang dikembangkan terkategori valid dan praktis dalam meningkatkan	Menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan <i>sustainability literacy</i> pada materi energi terbarukan

Nama Peneliti (1)	Judul Artikel (2)	Hasil Penelitian (3)	Perbedaan (4)
		keterampilan proses sains siswa pada materi fluida dinamis.	
(Ke et al., 2021)	<i>Developing and Using Multiple Models to Promote Scientific Literacy in the Context of Socio-Scientific Issues</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan pendekatan pembelajaran SSI yang melibatkan penggunaan berbagai model pembelajaran saintifik yang mendorong pemahaman siswa tentang fenomena yang relevan dengan isu yang ada dimasyarakat, dan membantu siswa menggunakan pengetahuan saintifik yang dimiliki dalam konteks sosial yang lebih luas, sehingga dapat menjembatani pengetahuan disiplin ilmu dan pengambilan keputusan sehari-hari serta memiliki implikasi penting dalam pengajaran sains seperti literasi sains.	Penerapan model pembelajaran STEM-PjBL berbasis SSI
(Penulis, 2025)			

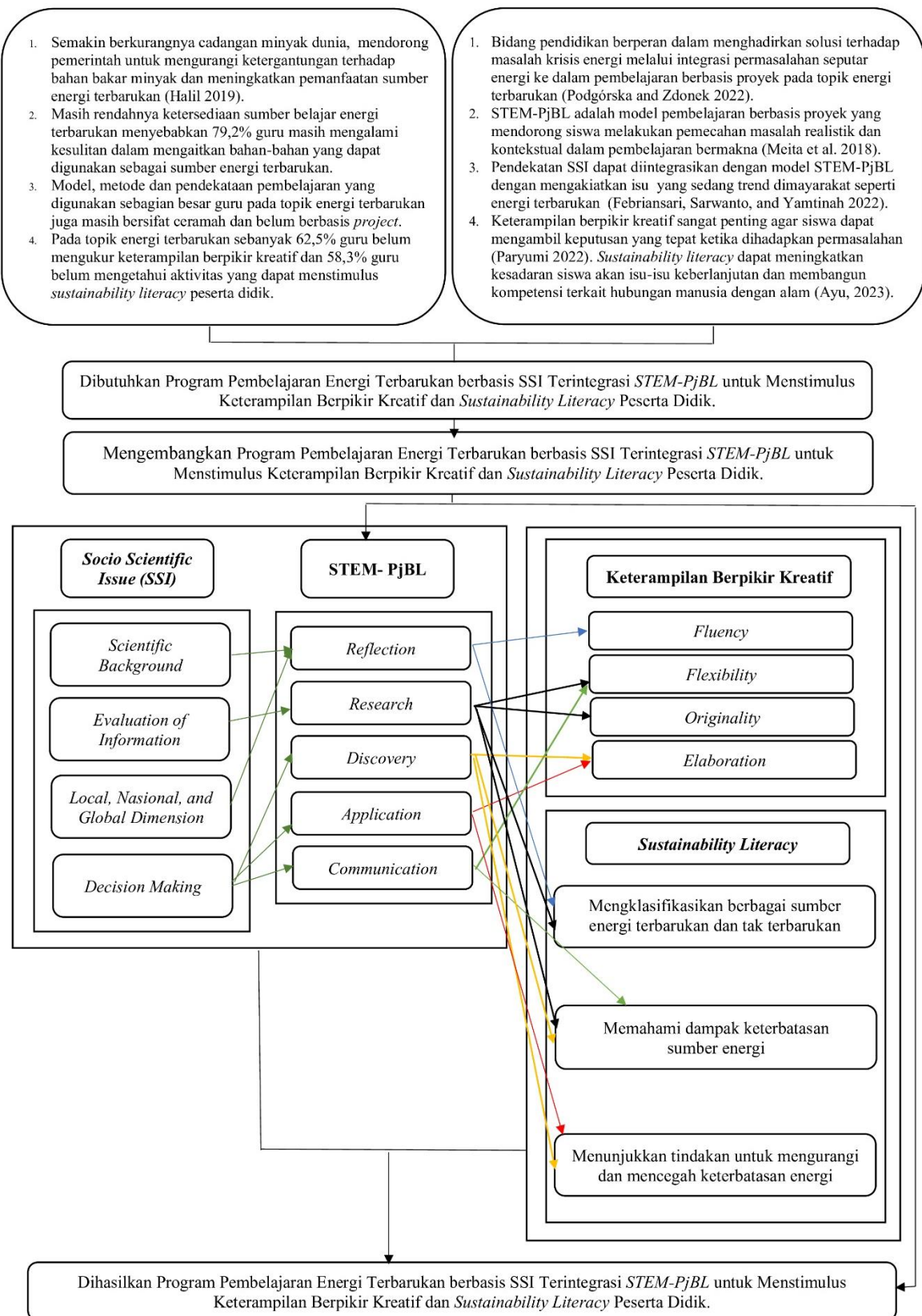
Berdasarkan penelitian relevan pada Tabel 4, maka kebaruan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Produk yang dikembangkan dari penelitian berupa perangkat pembelajaran yang kemudian disebut dengan program pembelajaran berbasis SSI terintegrasi STEM-PjBL untuk menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy* peserta didik pada topik energi terbarukan.
2. Media pembelajaran (*e-LKPD* dan *e-handout*) yang dikembangkan berbantuan platform Canva dan Flip pdf yang memuat banyak fitur

diantaranya *template*, ilustrasi dan *icon*, pdf editor, *text customization*, *grid design* dan foto, dan *design frame* yang dapat menjadikan LKPD dan modul lebih menarik serta dapat diakses secara online.

2.3. Kerangka Pemikiran

Penelitian ini dilatar belakangi oleh permasalahan ketersediaan sumber energi dan integrasi model, metode serta pendekatan pembelajaran dalam mengajarkan materi energi terbarukan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy* peserta didik guna mengatasi permasalahan energi di lingkungan sekitar. Pengembangan program pembelajaran energi terbarukan berbasis SSI terintegrasi STEM-PjBL dilakukan untuk menjadi bahan referensi dalam mengatasi permasalahan energi di lingkungan sekitar dan meningkatkan keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy* peserta didik. Pendekatan SSI diintegrasikan dengan model pembelajaran STEM-PjBL, dengan memasukkan tahapan pendekatan SSI pada Sintaks STEM-PjBL. Pada tahap *Reflection* dalam STEM-PjBL, siswa diajak untuk memahami dasar-dasar ilmiah dari isu yang dipilih, seperti energi terbarukan, dan menghubungkannya dengan pengetahuan mereka (*Scientific Background*) dan siswa diharapkan mampu memahami bagaimana solusi yang ditemukan berdampak pada berbagai tingkatan, baik lokal, nasional, maupun global (*Local, National, and Global Dimension*). Pada tahap *Reflection* keterampilan yang distimulus yaitu *Fluency* dan keterampilan individu. Informasi yang relevan dari berbagai sumber dievaluasi dalam tahap *Research*. Pada tahap ini siswa menganalisis data dari perspektif sosial, lingkungan, dan ilmiah untuk mendukung perencanaan proyek (*Evaluation of Information*). Pada tahap *Research* keterampilan yang distimulus, yaitu *Flexibility*, *Originality*, Keterampilan Individu dan Bekerja dengan orang lain. Pada tahap *Discovery*, *Application* dan *Communication*, siswa mempraktikkan pengambilan keputusan berdasarkan data yang telah dianalisis. Mereka menentukan solusi yang paling sesuai untuk isu yang sedang mereka tangani, seperti memilih teknologi energi terbarukan yang paling efisien (*Decision Making*). Pada tahap *Discovery* dan *Application* keterampilan yang distimulus yaitu *Elaboration*, Berpikir dan bertindak sistematis, Bekerja dengan orang lain. Sedangkan pada tahap *Communication*, keterampilan yang distimulus yaitu keterampilan dalam bekerja dengan orang lain. Bagan kerangka pemikiran dapat dilihat pada Gambar 3.

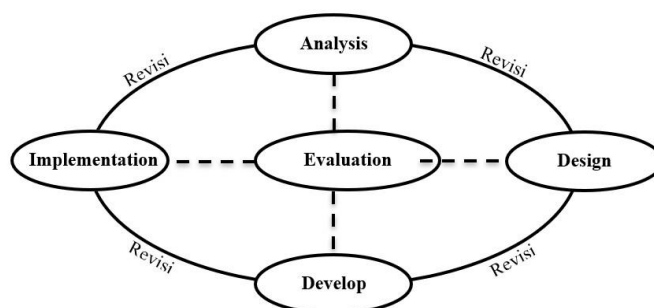


Gambar 3. Bagan Kerangka Pemikiran

III. METODE PENELITIAN

3.1. Desain Penelitian Pengembangan

Penelitian ini menggunakan metode campuran (*mixed-method*) *Research and Development* model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation*) dengan mengikuti prosedur umum terkait dengan desain instruksional pengembangan model ADDIE (Branch, 2010) seperti pada Gambar 4.

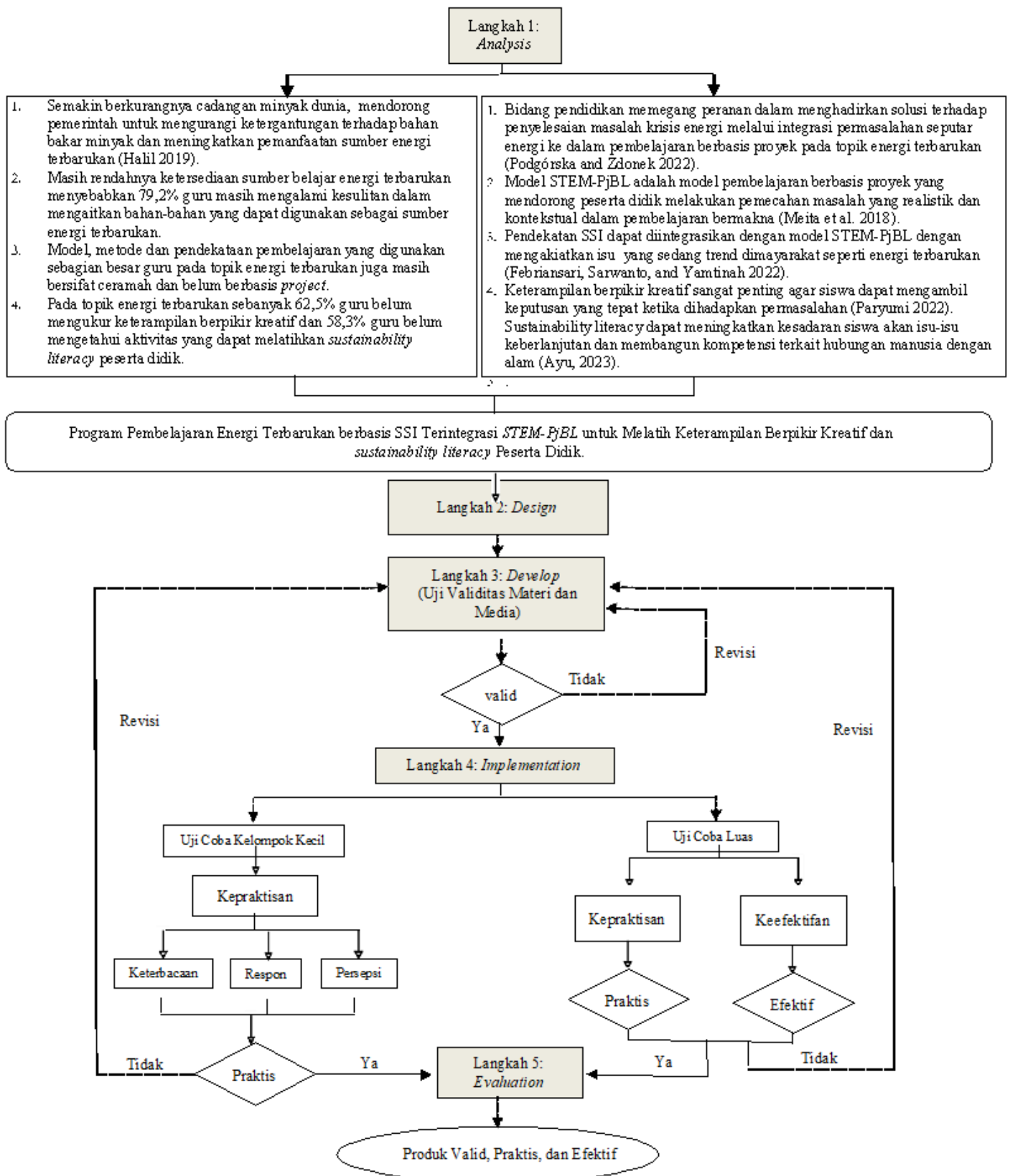


Gambar 4. Konsep ADDIE

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan produk yaitu RPP, e-LKPD dan *e-handout* berbasis SSI (*Socio Scientific Issue*) terintegrasi STEM- PjBL pada topik energi terbarukan untuk menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan *scientific literacy* peserta didik. Metode yang digunakan untuk menghasilkan produk dan untuk menguji keefektifan produk adalah penelitian dan pengembangan. Aplikasi yang peneliti gunakan untuk mengembangkan produk (RPP, e-LKPD, dan *e-handout*) sebagai bahan ajar adalah Canva.

3.2. Prosedur Pengembangan Produk

Prosedur pengembangan merupakan langkah-langkah yang dilakukan oleh peneliti untuk membuat suatu produk. Prosedur pengembangan yang digunakan oleh peneliti mengacu pada model ADDIE yang meliputi lima langkah (Branch, 2010) yaitu: *Analysis* (analisis), *Design* (perancangan), *Develop* (pengembangan), *Implementation* (implementasi), dan *Evaluation* (evaluasi). Prosedur pengembangan program pembelajaran ini terdiri atas beberapa tahap yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alur Penelitian

Berdasarkan Gambar 5, dapat diuraikan sebagai berikut.

1. **Tahap Analisis (*Analysis*)**

Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan guru untuk memperoleh informasi awal yang mendalam mengenai pembelajaran fisika energi terbarukan, kesulitan belajar, media, metode, bahan ajar yang digunakan, tujuan pembelajaran serta kompetensi yang diharapkan dari peserta didik setelah mempelajari materi energi terbarukan dan masalah yang muncul pada proses kegiatan belajar mengajar di lapangan, kemudian mengumpulkan kemungkinan serta solusi-solusi yang dapat digunakan mengatasi masalah yang ada. Teknik pengumpulan data menggunakan *google form*. Responden diambil berdasarkan kepada kesediaan mengisi *google form*. Analisis data hasil kuesioner dideskripsikan dalam bentuk persentase, kemudian diinterpretasikan secara kualitatif. Selanjutnya, dilakukan juga studi literatur (kajian artikel) berkaitan dengan pendekatan SSI (*Socio Scientific Issue*) dalam pembelajaran, STEM- PjBL, keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy*.

2. **Tahap Desain (*Design*)**

Tahap desain mencakup beberapa hal yaitu sebagai berikut.

- a. Pembuatan desain penelitian kelas eksperimen dan kontrol yang dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.
- b. Perumusan tujuan pembelajaran, penyusunan kerangka struktur Modul ajar, e-LKPD, dan *e-handout* untuk menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy* dengan pendekatan SSI (*Socio Scientific Issue*) terintegrasi STEM- PjBL.
- c. Penentuan sistematika penyajian materi, ilustrasi, dan visualisasi.
- d. Penulisan draft produk awal Modul ajar, e-LKPD, dan *e-handout* untuk menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy* dengan pendekatan SSI terintegrasi STEM- PjBL memuat cover, menyusun konsep materi, dan gambar. Pada tahap awal ini, peneliti juga membuat instrumen kepraktisan peserta didik dan pendidik, instrumen validitas produk, dan instrumen tes.

Tabel 5. Desain Penelitian Pada Kelas Eksperimen

O₁	X₁	Indikator Keterampilan Berpikir Kreatif	Indikator Sustainability Literacy	O₂
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Pretest. Keterampilan berpikir kreatif dan <i>Sustainability literacy</i> peserta didik masih rendah.	1. <i>Reflection</i> . Guru menayangkan video pendek yang relevan tentang masalah kebutuhan energi dan dampak penggunaan energi fosil. Peserta didik mengidentifikasi masalah utama dari video kebutuhan energi yang disajikan. Kemudian peserta didik menuliskan poin penting dari hasil identifikasi masalah yang disajikan. <i>Scientific background</i> . Guru memberikan pengetahuan dasar tentang energi terbarukan dan tak terbarukan beserta kelebihan dan kekurangannya. <i>Local, Nasional, and Global Dimension</i> . Peserta didik mengklasifikasikan dampak dari masalah kebutuhan energi secara lokal, nasional maupun global.	<i>Fluency</i> . Peserta didik menyampaikan pendapatnya secara lisan maupun tulisan mengenai solusi atau ide dalam memanfaatkan energi terbarukan berdasarkan masalah yang disajikan. (C3)	<i>Mengklasifikasikan berbagai sumber energi terbarukan dan tak terbarukan</i> . Peserta didik mengidentifikasi konsep dasar energi terbarukan dan tak terbarukan beserta kelebihan dan kekurangannya (C3) Peserta didik mengklasifikasi berbagai sumber energi berdasarkan sumber energi terbarukan dan sumber energi tak terbarukan (C4) <i>Memahami dampak keterbatasan sumber energi</i> . Peserta didik mengklasifikasi dampak dari masalah kebutuhan energi secara lokal, nasional maupun global (C4)	Posttest. Terjadi peningkatan Keterampilan berpikir kreatif dan <i>Sustainability literacy</i> peserta didik
	2. <i>Research</i> . Peserta didik mengumpulkan informasi dari berbagai sumber yang relevan tentang penggunaan energi tak terbarukan dan terbarukan, krisis energi, dan solusi	<i>Flexibility</i> . Peserta didik mencari informasi dari berbagai sumber yang relevan dan berdiskusi dengan anggota	<i>Menunjukkan tindakan untuk mengurangi dan mencegah keterbatasan energi</i> . Peserta didik	

O_1	X_1	Indikator Keterampilan Berpikir Kreatif	Indikator Sustainability Literacy	O_2
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	penanggulangan krisis energi. <i>Evaluation of information.</i> Peserta didik melakukan evaluasi isu atau masalah terkait kebutuhan energi berdasarkan informasi dari sumber relevan yang telah dikumpulkan sebelumnya.	kelompok (C3) Peserta didik menyusun beberapa alternatif solusi yang berbeda terhadap masalah kebutuhan energi (C4). <i>Originality.</i> Peserta didik mengidentifikasi potensi energi terbarukan yang jarang dieksplorasi, seperti pemanfaatan limbah organik tertentu yang ada dilingkungan sekitar. (C3)	mengevaluasi isu atau masalah terkait kebutuhan energi berdasarkan informasi dari sumber relevan yang telah dikumpulkan sebelumnya. (C5) Peserta didik menganalisis solusi yang tepat dalam mengatasi masalah kebutuhan energi berdasarkan sumber informasi yang telah dikumpulkan sebelumnya. (C4)	
	3. <i>Discovery.</i> Peserta didik secara berkelompok, merancang eksperimen untuk membuat produk energi terbarukan. Peserta didik mengidentifikasi langkah-langkah, alat, dan bahan yang diperlukan, untuk melakukan eksperimen. Peserta didik membuat desain produk yang akan mereka kembangkan sebagai solusi dari masalah kebutuhan energi di lingkungan sekitar. <i>Discusion Making.</i> peserta didik melakukan diskusi selama proses merumuskan dan merencanakan produk energi terbarukan	<i>Elaboration.</i> Peserta didik merancang desain produk energi terbarukan yang dikembangkan (C6). Peserta didik menyusun langkah-langkah eksperimen secara rinci, seperti metode, alat yang digunakan, dan parameter yang akan diukur (C4)	<i>Menunjukkan tindakan untuk mengurangi dan mencegah keterbatasan energi.</i> Peserta didik merumuskan hipotesis awal tentang hasil yang akan diperoleh, lalu menghubungkan proses eksperimen dengan tujuan utamanya (solusi kebutuhan energi) (C4).	

O₁	X₁	Indikator Keterampilan Berpikir Kreatif	Indikator Sustainability Literacy	O₂
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	yang akan dikembangkan dengan dibimbing oleh guru sebagai fasilitator.			
	4. <i>Application</i>. Peserta didik melakukan eksperimen untuk membuat produk energi yang dikembangkan berdasarkan desain yang telah dibuat sebelumnya. Peserta didik melakukan uji coba produk yang dikembangkan berdasarkan variabel yang akan diukur. Peserta didik menganalisis data hasil percobaan yang telah dilakukan. <i>Discusion making</i>. Peserta didik mendiskusikan hasil analisis percobaan yang telah dilakukan dan ketercapaian terhadap variabel yang diukur.	<i>Elaboration</i>. Peserta didik menyusun laporan hasil percobaan secara detail (C4) Peserta didik menganalisis data hasil eksperimen dan ketercapaian variabel yang diukur Dalam percobaan (C4)	<i>Menunjukkan tindakan untuk mengurangi dan mencegah keterbatasan energi</i>. Peserta didik membuat produk energi terbarukan berdasarkan desain yang telah dirancang sebelumnya (C6) Peserta didik melakukan uji coba produk yang dikembangkan berdasarkan variabel yang akan diukur dan langkah percobaan yang telah dibuat sebelumnya (C3) Peserta didik menganalisis data hasil percobaan yang telah dilakukan (C4) Peserta didik bekerja sama mengevaluasi setiap langkah eksperimen yang telah dilakukan dan keberhasilan produk yang dikembangkan. (C5)	

O_1	X_1	Indikator Keterampilan Berpikir Kreatif	Indikator Sustainability Literacy	O_2
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	5. <i>Communication</i> . Peserta didik mempresentasikan produk yang telah dikembangkan.	<i>Flexibility</i> . Peserta didik menjawab pertanyaan atau tanggapan dari audiens secara spontan, baik yang mendukung maupun yang mengkritisi produk mereka. (C5)	<i>Menunjukkan tindakan untuk mengurangi dan mencegah keterbatasan energi</i> . Peserta didik menjawab pertanyaan atau tanggapan dari audiens secara spontan (C5)	
	6. <i>Discussion making</i> . Peserta didik melakukan evaluasi setelah menguji produk energi terbarukan yang mereka kembangkan.	Peserta didik memberikan kesimpulan terhadap percobaan yang telah dilakukan (C5)	Peserta didik memberikan kesimpulan terhadap percobaan yang telah dilakukan (C5)	
			Peserta didik berdiskusi untuk mengevaluasi kinerja mereka dan menerima masukan dari audiens (C5)	

(Penulis, 2025)

Tabel 6. Desain Penelitian Pada Kelas Kontrol

O ₃	X ₂	Indikator Keterampilan Berpikir Kreatif	Indikator Sustainability Literacy	O ₄
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Pretest. Keterampilan berpikir kreatif dan <i>Sustainability literacy</i> peserta didik masih rendah.	Menyampaikan tujuan pembelajaran			Posttest. Terjadi peningkatan Keterampilan berpikir kreatif dan <i>Sustainability literacy</i> peserta didik
	Menyajikan materi mengenai jenis-jenis energi terbarukan dan tak terbarukan dengan metode ceramah	<i>Fluency</i>	Mengklasifikasikan berbagai sumber energi terbarukan dan tak terbarukan	
	Memberikan contoh soal	<i>Flexibility</i> <i>originality</i>	Memahami dampak keterbatasan sumber energi	
	Membuat proyek alat sederhana baterai kulit nanas sebagai produk energi terbarukan mengikuti langkah-langkah yang sudah disediakan guru	<i>Elaboration</i>	Menunjukkan tindakan untuk mengurangi dan mencegah keterbatasan energi	
	Memberikan latihan soal dan membahas soal secara bersama-sama	<i>Flexibility</i> <i>originality</i>	Memahami dampak keterbatasan sumber energi	
	Memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk merefleksikan pembelajaran yang telah dilakukan	<i>Flexibility</i>		

(Penulis, 2025)

Keterangan:

O1 : Pretest kelas eksperimen

O2 : Posttest kelas eksperimen

O3 : Pretest kelas kontrol

O4 : Posttest kelas kontrol

X1 : Pembelajaran menggunakan LKPD Berbasisi SSI Terintegrasi STEM-PjBL

X2 : Pembelajaran menggunakan LKPD konvensional

3. Tahap Pengembangan (*Develop*)

Tahap pengembangan yang dilakukan diawali dengan instrumen akan divalidasi oleh validator. Produk didisain berdasarkan hasil kajian teori dan kajian terhadap hasil penelitian terdahulu mengenai RPP, e-LKPD, dan *e-handout* yang efektif. Disain produk selanjutnya mengikuti kisi instrumen/indikator pendekatan SSI (*Socio Scientific Issue*) terintegrasi STEM- PjBL untuk menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy*. Instrumen validitas yang digunakan berupa kuesioner skala *likert* dengan empat pilihan yaitu (1) tidak layak, (2) kurang layak, (3) layak, (4) sangat layak. Setelah dilakukan validasi selanjutnya disain produk e-LKPD, dan *e-handout* akan diperbaiki sesuai dengan saran dari validator. Selanjutnya dilakukan pengembangan instrumen pengukuran keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy*, instrumen ini diuji cobakan pada peserta didik yang sudah pernah belajar tentang energi terbarukan untuk mendapatkan reliabilitas soal. Selanjutnya soal dengan reliabilitas tinggi dapat digunakan sebagai soal pretest dan posttest pada kelas kontrol dan eksperimen. Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan uji coba empiris terhadap produk energi terbarukan sederhana yaitu baterai kulit nanas.

4. Tahap Implementasi (*Implementation*)

Pada tahap implementasi dilakukan penelitian eksperimen dengan disain kuantitatif berupa metode kuasi eksperimen “*Non- equivalent Pretest – Posttest Control Group Design*”. Selanjutnya dilakukan uji coba terhadap kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kelompok eksperimen menggunakan program pembelajaran dengan pendekatan SSI (*Socio Scientific Issue*) terintegrasi STEM- PjBL sedangkan kelompok kontrol menggunakan pendekatan SSI (*Socio Scientific Issue*) saja. Tahap uji coba atau Implementasi dilakukan secara terbatas untuk mengetahui efektivitas RPP, e-LKPD, dan *e-handout* dengan pendekatan SSI (*Socio Scientific Issue*) terintegrasi STEM-PjBL untuk menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy* peserta didik. Tahapan implementasi

produk ini ada beberapa langkah yaitu langkah pertama melakukan uji coba terhadap penggunaan RPP, e-LKPD, dan *e-handout* kepada peserta didik untuk mengetahui kepraktisan e-LKPD, dan *e-handout* yang sudah dikembangkan dengan menggunakan instrumen kemenarikan dan keterbacaan. Langkah kedua melakukan uji coba keefektifan e-LKPD, dan *e-handout*, yaitu dengan instrumen tes. Implementasi ini berfungsi untuk mengetahui keterampilan keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy* peserta didik. Selanjutnya, untuk melihat keefektifan soal yaitu menggunakan program SPSS (Analisis *Descriptive*, *One sample KS*, *Wilcoxon rank test*, *Man whitney U*, peningkatan *N gain* dan lain-lain).

5. Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap evaluasi ini peneliti melakukan evaluasi terhadap e-LKPD, dan *e-handout* yang telah dikembangkan yang bertujuan untuk mengetahui kepraktisan dan keefektifan e-LKPD, dan *e-handout* terhadap keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy* peserta didik setelah pembelajaran menggunakan e-LKPD, dan *e-handout* topik energi terbarukan. Adapun data yang dideskripsikan yaitu sebagai berikut.

- a. Data yang diperoleh dari angket respon peserta didik setelah penggunaan e-LKPD, dan *e-handout* serta data *posttest* keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy*. Setelah pembelajaran pendidik memberikan angket respon peserta didik setelah melakukan pembelajaran terhadap penggunaan e-LKPD, dan *e-handout* yang peneliti berikan.
- b. Melakukan uji keefektifan e-LKPD, dan *e-handout* Pada penelitian ini akan dilakukan dengan tes yang hasilnya dianalisis dengan SPSS. Materi yang dipakai yaitu materi energi terbarukan sesuai dengan produk e-LKPD, dan *e-handout* yang telah dikembangkan.
- c. Refleksi pembelajaran, terkait bagaimana perasaan peserta didik setelah mempelajari materi energi terbarukan, apa yang sudah baik dalam pembelajaran serta apa yang perlu ditingkatkan untuk pembelajaran energi terbarukan selanjutnya.

3.3. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang akan digunakan pada penelitian pengembangan ini, yaitu angket analisis kebutuhan, skala, dan instrumen pretest dan posttest.

1. Angket Analisis Kebutuhan Angket analisis kebutuhan diisi oleh guru dan peserta didik untuk melihat potensi dan masalah yang terjadi dalam pembelajaran materi energi terbarukan. Angket analisis kebutuhan berisi daftar pertanyaan yang ditujukan kepada guru dan peserta didik mengenai kegiatan pembelajaran fisika, khususnya materi energi terbarukan.
2. Skala Skala dalam penelitian ini terdiri dari skala validasi, skala uji kemenarikan, dan keterbacaan. Skala validasi diisi oleh 3 validator. Pengisian skala ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan produk sehingga dapat digunakan guru sebagai program pembelajaran. Penskoran pada skala validasi ini menggunakan skala Likert yang diadaptasi dari (Ratumanan & Laurent, 2011:131) yang dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7. Skala Likert pada Skala Validasi

Pilihan Jawaban	Skor
(1)	(2)
Sangat valid	4
Valid	3
Kurang valid	2
Tidak valid	1

(Ratumanan & Laurent, 2011:131)

Skala uji kemenarikan dan keterbacaan diisi oleh peserta didik yang telah melakukan pembelajaran dengan program pembelajaran menggunakan pendekatan *Socio Scientific Issue* (SSI) terintegrasi STEM- PjBL untuk mengetahui kepraktisan produk. Penskoran pada skala ini menggunakan skala *Likert* yang diadaptasi dari (Ratumanan & Laurent, 2011:131) yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Skala Likert pada Skala Keterbacaan dan Kemenarikan

Pilihan Jawaban	Skor
(1)	(2)
Sangat nampak	4
Nampak	3

Pilihan Jawaban	Skor
(1)	(2)
Kurang nampak	2
Tidak nampak	1

(Ratumanan & Laurent, 2011:131)

3. Instrumen *Pretest* dan *Posttest* Instrumen *pre-posttest* yang dibuat, yaitu instrumen tes berbentuk soal untuk menilai keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy* peserta didik pada topik energi terbarukan, sebelum dan setelah pembelajaran. Instrumen ini diberikan kepada peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.

3.4. Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode campuran (*mixed method*), yaitu penggabungan penelitian kualitatif dan kuantitatif (Fetters et al., 2013) dengan teknik analisis data sebagai berikut.

1. Data Validitas

Data validitas diperoleh dari skala validasi isi serta validasi media dan desain yang diisi oleh validator, kemudian dianalisis menggunakan analisis persentase (Sudjana, 2005).

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

Hasil presentase yang diperoleh dikonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari (Arikunto, 2011) seperti yang terlihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Konversi Skor Penilaian Kevalidan Produk

Presentase	Kriteria
(1)	(2)
0,0%-20,0%	Validitas sangat rendah/tidak baik
20,1%-40,0%	Validitas rendah/kurang baik
40,1%-60,0%	Validitas sedang/cukup baik
60,1%-80,0%	Validitas tinggi/baik
80,1%-100,0%	Validitas sangat tinggi/sangat baik

(Arikunto, 2011)

Berdasarkan Tabel 9, peneliti memberi batasan bahwa produk yang dikembangkan terkategori valid jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 60% dengan kriteria validitas sedang.

2. Data Kepraktisan Data kepraktisan diperoleh dari skala keterbacaan yang diisi oleh peserta didik, kemudian dianalisis menggunakan analisis persentase (Sudjana, 2005).

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

Hasil presentase yang diperoleh dikonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari (Arikunto, 2011) seperti yang terlihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan Produk

Presentase (1)	Kriteria (2)
0,0%-20,0%	Kepraktisan sangat rendah/tidak baik
20,1%-40,0%	Kepraktisan rendah/kurang baik
40,1%-60,0%	Kepraktisan sedang/cukup baik
60,1%-80,0%	Kepraktisan tinggi/baik
80,1%-100,0%	Kepraktisan sangat tinggi/sangat baik

(Arikunto, 2011)

Berdasarkan Tabel 10, peneliti memberi batasan bahwa produk yang dikembangkan terkategori praktis jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 40,1% dengan kriteria kepraktisan sedang.

3. Data Validitas dan Reliabilitas Instrumen Tes (keterampilan berpikir kreatif dan *Sustainability literacy*) Validitas dan reliabilitas instrumen pada penelitian ini dianalisis dengan menggunakan program SPSS.
 1. Validitas instrumen mengacu pada tingkat kebenaran penafsiran skor tes (Rosidin, 2017). Uji validitas dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan butir soal pada program pembelajaran yang akan digunakan dalam penelitian ini. Untuk menghitung validitas butir soal menggunakan *uji pearson correlation* pada program SPSS kriteria koefisien korelasi pada Tabel 11.

Tabel 11. Kriteria Koefisien Korelasi

Ketentuan Nilai r_{tabel} (1)	Kategori (2)
$0,80 < r_{xy} \leq 1,00$	Sangat Tinggi
$0,60 \leq r_{xy} \leq 0,80$	Tinggi
$0,40 \leq r_{xy} \leq 0,59$	Cukup

Ketentuan Nilai r_{tabel}	Kategori
(1)	(2)
$0,20 \leq r_{xy} \leq 0,39$	Rendah
$0,00 \leq r_{xy} \leq 0,19$	Rendah Sekali

(Rosidin, 2017)

2. Reliabilitas Instrumen

Uji reliabilitas digunakan untuk mengetahui taraf kepercayaan suatu tes. Suatu tes dikatakan memiliki taraf kepercayaan yang tinggi apabila tes tersebut dapat memberikan hasil yang tetap (Arikunto, 2011). Penelitian ini menggunakan sebuah tes yang diuji cobakan satu kali. Dalam penelitian ini untuk menguji reliabilitas butir soal menggunakan uji cronbach's alpha pada program SPSS 25, kemudian diklasifikasi dengan koefisien korelasi reliabilitas yang dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Kriteria Koefisien Reliabilitas

Ketentuan Nilai r_{tabel}	Kategori
(1)	(2)
$0,80 < r_{xy} \leq 1,00$	Sangat Tinggi
$0,60 < r_{xy} \leq 0,80$	Tinggi
$0,40 < r_{xy} \leq 0,60$	Cukup
$0,20 < r_{xy} \leq 0,40$	Rendah
$0,00 \leq r_{xy} \leq 0,20$	Rendah Sekali

(Arikunto, 2011)

4. Data Efektivitas

Data efektivitas diperoleh dari skor *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen yang menerapkan program pembelajaran menggunakan pendekatan SSI (*Socio Scientific Issue*) terintegrasi STEM- PjBL dan kelas kontrol yang menerapkan pembelajaran konvensional. Perbedaan perlakuan pada kedua kelas adalah untuk meninjau ketercapaian keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy* pada peserta didik. Berdasarkan hal tersebut maka desain eksperimen yang digunakan adalah *Non-Equivalent Pretest-Posttest Control Group Desain*. Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis dengan uji normalitas, uji beda rata-rata, N-Gain dan uji dampak ANCOVA.

1. Uji Normalitas Uji normalitas dilakukan sebagai uji prasyarat dalam menentukan pemilihan analisis statistik lebih lanjut. Hasil uji normalitas pada penelitian ini menunjukkan

persebaran data pretest dan posttest berdistribusi normal atau tidak normal. Uji normalitas dalam penelitian ini menggunakan software SPSS melalui uji *one sample kolmogorov-smirnov* (Razali & Wah, 2011) dengan hipotesis sebagai berikut.

H_0 : Data terdistribusi secara normal

H_1 : Data tidak terdistribusi secara normal

Kriteria uji:

Nilai sig. atau probabilitas < 0.05 maka H_0 ditolak

Nilai sig. atau probabilitas ≥ 0.05 maka H_0 diterima

(Suyatna, 2017:12-14)

2. Uji Beda Rata – Rata

Uji beda rata-rata dilakukan setelah sampel dinyatakan berdistribusi normal, yaitu melalui Uji *Independent Sample t-Test* dengan meninjau *Levene's Test for Equality of Variances* yang menunjukkan hasil varian pada kelas kontrol dan kelas eksperimen.

Hipotesis yang digunakan dalam homogenitas sebagai berikut.

H_0 : Tidak ada perbedaan varian pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.

H_1 : Ada perbedaan varian pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Hipotesis yang digunakan dalam uji beda rata-rata sebagai berikut.

H_0 : Tidak terdapat perbedaan rata-rata skor keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy* peserta didik pada kelas eksperimen dan kontrol.

H_1 : Terdapat perbedaan rata-rata skor keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy* peserta didik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Kriteria uji:

Nilai sig. atau probabilitas < 0.05 maka H_0 ditolak.

Nilai sig. atau probabilitas ≥ 0.05 maka H_0 diterima.

(Suyatna, 2017:22-28)

3. Uji dampak ANCOVA (*Analysis of Covariance*) dan *Effect Size* Uji dampak ANCOVA dilakukan menggunakan Software SPSS untuk meninjau pengaruh perlakuan terhadap variabel dependen dengan mengontrol variabel lain (Field & Miles, 2010). Uji ini dilakukan melalui analisis analisis *general linear model-univariate*.

Hipotesis yang digunakan dalam ANCOVA

H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan rata-rata skor keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy* peserta didik pada kelas eksperimen dan kontrol.

H_1 : Terdapat perbedaan yang signifikan rata-rata skor keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy* peserta didik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Kriteria uji:

Nilai sig. atau probabilitas < 0.05 maka H_0 ditolak.

Nilai sig. atau probabilitas ≥ 0.05 maka H_0 diterima.

(Suyatna, 2017:22-28)

Effect size dapat dilihat dari hasil uji dampak ANCOVA, mengukur besarnya efek penggunaan program pembelajaran menggunakan pendekatan SSI (*Socio Scientific Issue*) terintegrasi STEM-PjBL terhadap keterampilan berpikir kreatif dan *sustainability literacy* peserta didik. Nilai Effect size yang diperoleh, kemudian diinterpretasikan dengan kategori menurut Cohen, (1998) pada Tabel 13.

Tabel 13. Kriteria Nilai Effect Size

Nilai <i>Effect Size</i>	Kategori
(1)	(2)
$0 < d < 0,2$	Efek Kecil
$0,2 \leq d \leq 0,8$	Efek Sedang
$d > 0,8$	Efek Besar

(Cohen, 1998)

4. N-gain Gain atau selisih antara skor posttest dan pretest menunjukkan peningkatan/stimulasi penguasaan konsep peserta didik setelah dilakukan pembelajaran, sedangkan *N-gain* (*Normalize gain*) digunakan untuk

meninjau stimulasi yang terjadi terkategori tinggi, sedang, atau rendah. Adapun rumus yang digunakan untuk *N-Gain* menurut (Hake, 1998) sebagai berikut.

$$N - gain = \frac{skor\ posttest - skor\ pretest}{skor\ ideal - skor\ pretest}$$

Hasil *N-Gain* tersebut kemudian diinterpretasikan dengan kategori pada Tabel 14.

Tabel 14. Kategori Nilai *N-gain*

<i>N-Gain</i>	Kategori
(1)	(2)
$< 0,3$	Rendah
$0,3 \leq d \leq 0,7$	Sedang
$> 0,7$	Tinggi

(Hake, 1998)

3.5 Matriks Ringkasan Metode Penelitian

Tabel 15. Ringkasan Metode Penelitian

Variabel	Data yang diperl	Instrumen	Metode	Cara Analisis Data
(1)	(2)	(3)	(3)	(4)
Validitas	1.Data hasil uji validitas media dan desain program pembelajaran menggunakan model pembelajaran STEM-PjBL 2.Data hasil uji validitas materi dan konstruk program pembelajaran menggunakan model pembelajaran PjBL-STEM	Lembar uji validitas	Memberikan lembar uji kevalidan dan program pembelajaran menggunakan model pembelajaran STEM-PjBL kepada tiga ahli	a. Membuat rekapitulasi hasil penilaian uji validitas produk dari validator b. Menghitung rata-rata hasil penilaian uji validitas produk dari validator c. Menghitung persentase dengan persamaan menurut Sudjana (2005), kemudian mengonversikan menurut kriteria (Arikunto, 2011)

Variabel	Data yang diperl	Instrumen	Metode	Cara Analisis Data
(1)	(2)	(3)	(3)	(4)
Keterbacaan	Data hasil uji keterbacaan	Angket uji keterbacaan	Memberikan angket keterbacaan kepada	a. Membuat rekapitulasi hasil keterbacaan produk b. Menghitung rata-rata hasil keterbacaan. c. Menghitung persentase dengan persamaan menurut Sudjana (2005), kemudian mengonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari (Arikunto, 2011)
Respon	Data respon terhadap penerapan program pembelajaran menggunakan model pembelajaran STEM-PjBL	Angket respon	Memberikan angket respon kepada peserta didik yang telah melakukan pembelajaran dengan program menggunakan model pembelajaran STEM-PjBL	a. Membuat rekapitulasi hasil respon dari peserta didik b. Menghitung rata-rata hasil respon dari peserta didik c. Menghitung persentase dengan persamaan menurut Sudjana (2005), kemudian mengonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari (Arikunto, 2011b)
Persepsi	Data persepsi terhadap	Angket persepsi	Memberikan perangkat	a. Membuat rekapitulasi

Variabel	Data yang diperl	Instrumen	Metode	Cara Analisis Data
(1)	(2)	(3)	(3)	(4)
	penerapan program pembelajaran menggunakan model pembelajaran STEM-PjBL		program pembelajaran dan angket persepsi kepada guru fisika SMA di Lampung	hasil persepsi guru b. Menghitung rata-rata hasil persepsi guru c. Menghitung persentase dengan persamaan menurut Sudjana (2005), kemudian mengonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari (Arikunto, 2011)
Evektifitas	Data hasil <i>pretest-posttest</i>	Tes penguasaan konsep	Menerapkan program pembelajaran menggunakan model pembelajaran STEM-PjBL	<i>Uji One-Sample KolmogorovSmirnov Test</i> dan <i>Paired Sample T Test</i>

(Penulis, 2024)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Program pembelajaran dengan pendekatan *Socio Scientific Issue* (SSI) terintegrasi *STEM-PjBL* pada topik energi terbarukan dinyatakan valid dengan rata-rata bobot persentase 92,2% dengan kriteria sangat valid. Skor ini diperoleh melalui penilaian aspek validasi program pembelajaran yang meliputi modul ajar, *e-Handout*, dan *e-LKPD*. Skor yang diperoleh dari beberapa aspek tersebut berturut-turut 89%, 94,3% dan 93,2%. Setelah dirata-rata presentase skor yang diperoleh sebesar 92,2%, yang menunjukkan bahwa program pembelajaran yang dikembangkan sangat valid untuk digunakan pada mata pelajaran Fisika SMA, Fase E, kelas X semester ganjil pada topik energi terbarukan.
2. Kepraktisan program pembelajaran pendekatan *Socio Scientific Issue* (SSI) terintegrasi *STEM-PjBL* terkategori sangat praktis dengan rata-rata bobot persentase 92,9%. Skor ini diperoleh melalui penilaian aspek kepraktisan yang meliputi aspek keterlaksanaan, kemenarikan dan keterbacaan. Skor yang diperoleh dari beberapa aspek tersebut berturut-turut 94,4%, 92,3% dan 92,1%. Setelah dirata-rata presentase skor yang diperoleh sebesar 92,9%, yang menunjukkan bahwa program pembelajaran yang dikembangkan sangat praktis untuk digunakan pada mata pelajaran Fisika SMA, Fase E, kelas X semester ganjil pada topik energi terbarukan.
3. Efektifitas program pembelajaran dilihat berdasarkan hasil *N-Gain* dan *effect size*. *N-Gain* Kelas eksperimen pada instrumen tes keterampilan

berpikir kreatif sebesar 0,90 terkategori tinggi dan kelas kontrol sebesar 0,46 terkategori rendah. Sedangkan, *N-Gain Kelas* eksperimen pada instrumen tes *Sustainability literacy* sebesar 0,74 terkategori tinggi dan kelas kontrol sebesar 0,48 terkategori sedang. Stimulasi pada kelas eksperimen yang mendapat perlakuan berupa penerapan program pembelajaran dengan pendekatan *Socio Scientific Issue* (SSI) terintegrasi *STEM- PjBL* lebih besar dibandingkan kelas kontrol yang melaksanakan pembelajaran konvensional. Selain itu, skor *effect size* yang didapatkan menunjukkan bahwa program pembelajaran yang dikembangkan memiliki pengaruh sebesar 0,663 (sedang) dalam menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan berpengaruh sebesar 0,745 (sedang) dalam menstimulus *Sustainability literacy* peserta didik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa program pembelajaran energi terbarukan berbasis SSI terintegrasi STEM-PjBL yang dikembangkan memiliki efektivitas sedang dalam menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan *Sustainability literacy* peserta didik.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian, peneliti menyarankan kepada guru Fisika untuk dapat menerapkan program pembelajaran dengan pendekatan *Socio Scientific Issue* (SSI) terintegrasi *STEM-PjBL* dalam pembelajaran agar mampu menstimulus keterampilan berpikir kreatif dan *Sustainability Literacy* peserta didik. Hal ini karena program pembelajaran dengan pendekatan *Socio Scientific Issue* (SSI) terintegrasi *STEM-PjBL* yang diterapkan berpusat pada peserta didik dengan berbantuan teknologi sangat relevan dengan era digital saat ini dan sesuai dengan karakteristik peserta didik sekarang yang terbiasa dengan *platform digital*.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- A. Amran, I. Jasin., Muhammad, P. 2020. Implementation of Education for Sustainable Development to Enhance Indonesian Golden Generation Character. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(4), 2-7.
- Abdurrahman, A., Maulina, H., Nurulsari, N., Sukamto, I., Umam, A. N., and Mulyana, K. M. 2023. Impacts of Integrating Engineering Design Process into STEM Makerspace on Renewable Energy Unit to Foster Students' System Thinking Skills. *Heliyon*, 9(4), 1-12.
- Adinda, Mulia, S., Irfan, & Gusmaneli. 2024. Penerapan Strategi Pembelajaran Scaffolding dalam Membentuk Kemandirian Peserta Didik. *Jurnal Bima: Pusat Publikasi Ilmu Pendidikan Bahasa Dan Sastra*, 2(2), 34–41.
- Abidin, Y. 2016. *Revitalisasi Penilaian Pembelajaran dalam Konteks Pendidikan Multiliterasi Abad Ke-21*. Refika Aditama. Bandung. 304 hlm. ISBN: 978-602-7948-97-6.
- Afriana, Jaka., Anna, P., dan Any, F. 2016. Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Ditinjau Dari Gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 202-212.
- Agusstiawan, E., Werdhiana, I. K., & Jarnawi, M. 2021. Analisis Kemampuan Siswa dalam Menafsirkan Grafik Proses Termodinamika. *Jurnal Kreatif Online*, 9(3), 131-136.
- Akpan, V. I., Igwe, U. A., Mpamah, I. B. I., & Okoro, C. O. 2020. Social Constructivism: Implications On Teaching and Learning. *British Journal of Education*, 8(8), 49–56.
- Aksan, Z., and Dilek, C. 2013. Pre-Service Elementary Teachers' Perceptions and Opinions about Greenhouse Effect. *Journal of Baltic Science Education*, 12(2), 159–77.
- Akbar, S. 2015. Instrumen Perangkat Pembelajaran. Remaja Rosdakarya. Bandung. 165 hlm. ISBN: 978-979-692-169-0.
- Aldiyah, E. 2021. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Pengembangan Sebagai Sarana Peningkatan Keterampilan Proses Pembelajaran IPA di SMP. *Jurnal*

Inovasi Keguruan dan Ilmu Pendidikan, 1(1), 67-76.

Al-sulaiman, N. 2009. Cross- cultural studies and creative thinking abilities. *Journal of Educational & Psychologic Scidnces*, 1(1), 42–92.

Amalia, K., Urie, E. W., dan Hilda, K. 2023. Mengatasi Miskonsepsi Membandingkan Nilai Pecahan Sederhana Kelas 3 SD Dengan Model PBL Berbasis Teori Bruner. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika Universitas Pekalongan*, 4(1), 45–58.

Anderson, K., Esther, C., Helyn, K., and Alvin, V. 2018. Education System Alignment for 21st Century Skills: Focus on Assessment. *Center for Universal Education at the Brookings Institution*. 40 hlm.

Anisa, Zuffa., dan Dyah, S. 2022. Pemanfaatan Elektrolit Air Laut Sebagai Sumber Energi Listrik Baterai Dengan Elektroda Tembaga Aluminium. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 19(2), 156–62.

Anisa, Z., and Mochammad, Z. 2020. Synthesis and Characterization of Lithium Iron Phosphate Carbon Composite (LFP/C) Using Magnetite Sand Fe₃O₄. *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 9(1), 16–22.

Anwar, M. S., Choirudin, C., Ningsih, E. F., Dewi, T., & Maselena, A. 2019. Developing an interactive mathematics multimedia learning based onispring presenter in increasing students' interest in learning mathematics. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(1), 135–150.

Ausubel, D. P., and Donald, F. 1961. Meaningful Learning and Retention: Intrapersonal Cognitive Variables. *Review of Educational Research*, 31(5), 500.

Arikunto, S. 2011. Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek. Bumi Aksara.

Atmaja, D. Y. S. 2021. Peningkatan Motivasi Belajar Fisika Menggunakan Multimedia Interaktif Berbasis Powerpoint Pada Peserta Didik Kelas XI SMA Negeri 22 Jakarta. *Jurnal Ilmiah Edukasia*, 1(1), 61–72.

Aydin, F. 2017. Determining The Level of Knowledge of University Students on Global Warming. *International Conference on New Horizons in Education*, 1(1), 118–32.

Ayu, M., Aghniya, S. M., Nofri, B. A., & Indriasari, R. 2023. Penerapan Project-Based Learning pada Topik Pengelolaan Sampah untuk Meningkatkan Sustainability Literacy Siswa Terdampak Gempa Bumi. *EDUFORTECH*, 8(1), 61-70.

Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan (BSKAP) Kementerian

- Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia. 2022. Panduan Pembelajaran dan Asesmen. 111 hlm.
- Baharin., Norlizawaty, N. K., and Umi, A. M. 2018. Integrating STEM Education Approach in Enhancing Higher Order Thinking Skills. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 8(7), 810–21.
- Baum, Liesl. M., and Phyllis, L. N. 2010. Instructional Design As Critical and Creative Thinking. *Tech Trends*, 54(5), 27–37.
- BPS. 2022. Produksi Tanaman Buah-buahan 2022. Badan Pusat Statistik.
- Branch, R. M. 2010. *In Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer US.
- Breen, M.P. 1984. Process Syllabuses for the Language Classroom. In Brumfit, CJ. (ed.) *General English Syllabus Design* Pergamon Press Ltd. and the British Council
- Burdick, A., & Willis, H. 2011. Digital learning, digital scholarship and design thinking. *Design Studies*, 32(6), 546–556.
- Canel, A. N. 2015. A Program Based on the Guilford Model That Enhances Creativity and Creative Psychological Counseling. *Sanitas Magisterium*, 1(2), 5–29.
- Cohen, J. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Science*. US: Lawrence, Erlbaum.
- College, S. C. 2021. *Designing a Learning Program*. Sidney Community
- Collins, J. 2002. Teaching and Learning with Multimedia. In *Teaching and Learning with Multimedia*. Routledge. London. 160 hlm. ISBN. 978-020-344-130-5
- Daryono, Budi Setiadi, Yasir Sidiq, and Sigit Dwi Maryanto. 2016. Pengembangan Sentra Budidaya Melon Di Pantai Bocor Kabupaten Kebumen Melalui Implementasi Education For Sustainable. *Bioeksperimen*, 2(1), 44–53.
- Davis, G., O’callaghan, F., & Knox, K. 2009. Sustainable attitudes and behaviours amongst a sample of non-academic staff: A case study from an Information Services Department, Griffith University, Brisbane. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 10(2), 136–151.
- Decamps, A., Carteron, J. C. 2014. Can Universities be sure they are producing sustainability literate graduates? One Year Report of the Sustainability-Literacy Test, presented on the occasion of the UNESCO World Conference on Education for Sustainable Development, Nagoya (Japan).

Denny Muhammad Fajar, Ramli, M., Ariyanto, J., Widoretno, S., Sajidan, S., & Prasetyanti, N. M. 2020. Enhancing students' thinking skills through project-based learning in biology. *Biosfer*, 13(2), 230–249.

Deni, Anggraini, D., Abdurrahman, A., & Herlina, K. 2022. Development of Learning Program Based on Multiple Representations Integrated with PjBL George Lucas and STEM to Foster Student's Sustainability Literacy. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan*, 8(2), 253-279.

Emda, A. 2017. Laboratorium sebagai sarana pembelajaran kimia dalam meningkatkan pengetahuan dan ketrampilan kerja ilmiah. *Lantanida journal*, 5(1), 83-92.

Erdem, Cahit., Hakkı, B., and Mehmet, K. 2019. 21st Century Skills and Education. *Cambridge Scholar Publishing*, 10(4), 1–33.

Fahrurrozi, Muh, dan H. Mohzana. 2020. *Pengembangan Perangkat Pembelajaran: Tinjauan Teoretis dan Praktek*. Universitas Hamzanwadi Press. 148 hlm. ISBN: 978-602-532-947-0.

Febriansari, Devie, Sarwanto, dan Sri, Y. 2022. Konstruksi Model Pembelajaran STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) Dengan Pendekatan Design Thinking Pada Materi Energi Terbarukan. *Jurnal Inovasi Pembelajaran*, 8(2), 186–200.

Fetters, M. D., Curry, L. A., and Creswell, J. W. 2013. Achieving integration in mixed methods designs - Principles and practices. *Health Services Research*, 48(6), 2134–2156.

Field, A., dan Miles, J. 2010. *Discovering statistics using SAS*. Sage. 300 hlm. ISBN: 184-920-092-0.

Firmantara, M. R. 2023. Pengaruh STEM-PjBL Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa MTS. *JIPM (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika)*, 12(1), 179-193.

Fitrya, N., Wirman, S. P., & Rahayu, R. D. 2021. Environmentally Friendly Emergency Lighting System Using Bio Batteries from Pineapple Skin Waste as Energy Source. *Jurnal Ilmu Fisika*, 13(2), 118– 125.

Fortus, D., Krajcik, J., Dershimer, R. C., Marx, R. W., and Mamlok, Naaman, R. 2005. Design-Based Science and Real-World Problem-Solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855–879.

Gazibara, S. 2020. Head, Heart and Hands Learning' - A Challenge for Contemporary Education. *Journal of Education Culture and Society*, 4(1), 71–82.

- Gustama, A., Farid, F. A., dan Tuntun, S. 2019. Problem Bas Learning. *Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Sesikun Melalui Model Problem Bas Learning (PBL) Untuk Siswa Kelas X SMA. Jurnal Tiyuh Lampung*, 2(4), 1–10.
- Guzey, Selcen S. 2009. Development of an Instrument to Assess Attitudes Toward Science , Technology , Engineering , and Mathematics (STEM). *School Science and Mathematics*, 1(1), 271–279.
- Haeruman, L. D., Rahayu, W., & Ambarwati, L. 2017. Pengaruh model discovery learning terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis matematis dan self-confidence ditinjau dari kemampuan awal matematis siswa SMA di Bogor Timur. *JPPM (Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Matematika)*, 10(2).
- Hake, R. R. 1998. Analyzing Change/Gain Scores. *Physics Indiana*
- Halil, M. 2019. Uji Coba Elektroda Pelat Tembaga Dan Alumunium Terhadap Air Laut Sebagai Elektrolit Untuk Menghasilkan Energi Listrik Alternatif. *Majalah Teknik Simes* 13(2), 14–19.
- Haury, David. L., and Rillero, P. 1994. *Perspectives of Hands-On Science Teaching*. The Eric CSME. 151 hlm.
- Havita, V. N. 2022. *Penerapan Project-Based Learning Terintegrasi Education For Sustainable Development Untuk Meningkatkan Sustainability Literacy Dan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa Pada Topik Pengelolaan Limbah Organik* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Hayes, Tom, and Lesley, P. 2006. Produce Handouts. *Education for Primary Care*, 17(1), 75–77.
- Honorisal., Mohamad, B. P., Nurul, H., Tri, P., dan Amalia, S. 2020. Sintesis Dan Karakterisasi Grafena Oksida dari Tempurung Kelapa dengan Metode Sonikasi Dan Hidrotermal. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 16(1), 1-11.
- Hutchinson, T. & Waters, A. 1987. English for Specific Purposes: A Learning Centred Approach. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ibrahim, W., Mutia, R., Nelwida, & Berliana. 2016. Penggunaan Kulit Nanas Fermentasi dalam Ransum yang Mengandung Gulma Berkhasiat Obat Terhadap Konsumsi Nutrient Ayam Broiler (*Fermented pineapple peel supplementation with addition of medicinal weeds on nutrient intake consumption of broiler chicken*). *Agripet.*, 16(2), 76–82.
- Islam, M. M., & Hasanuzzaman, M. 2019. Introduction to energy and sustainable development. In *Energy for Sustainable Development: Demand, Supply, Conversion and Management*, Elsevier. 1–18.

- Irman, I., Surahman, E., Agustian, D., Herawati, D., & Badriah, L. 2025. Profil Kemampuan Berpikir Kreatif Peserta Didik dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 15(1), 60-67.
- Kartono. 2010. Hands On Activity Pada Pembelajaran Geometri Sekolah Sebagai Asesmen Kinerja Siswa. *Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, 1(1), 21–32.
- Ke, Li, Troy, D. S., Laura, Z., and Patricia J. F. 2021. Developing and Using Multiple Models to Promote Scientific Literacy in the Context of Socio-Scientific Issues. *Science and Education*, 30(3), 589–607.
- Kelley, Todd, R., and J. Geoff, K. 2016. A Conceptual Framework for Integrated STEM Education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-11.
- Khuzaimah, S., dan Rohaeti, E. 2016. Pengembangan perangkat pembelajaran IPA berbasis LV untuk menumbuhkan sikap positif terhadap IPA dan karakter. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 4(2), 110–119.
- Kristyowati, R. 2019. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) IPA Sekolah Dasar Berorientasi Lingkungan. *Prosiding Seminar dan Diskusi Pendidikan Dasar*, 282-287.
- Kurniasari, R., Saiful, R., and Dyah, R. I. 2023. Analysis of the STEM-Based Blended Project Based Learning Model to Improve Students' Science Literacy. *Journal of Innovative Science Education*, 12(1), 26-31.
- Kurniasih, A. W. 2012. Scaffolding sebagai Alternatif Upaya Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Matematika. *Jurnal Kreano*, 3(2).
- Laboy-Rush, D. 2010. Integrated STEM Education through Project-Based Learning.
- Larson, Lotta C., and Teresa, N., M. 2011. 21st Century Skills: Prepare Students for the Future. *Kappa Delta Pi Record*, 47(3), 121–23.
- Lasaiba, Mohammad Amin. 2022. Jendela Pengetahuan. *Jurnal Ilmiah*, 15(1), 1–14.
- Lathifah, Anis, S., dan Herawati, S. 2015. Penerapan Pembelajaran *Socioscientific Issue* Melalui Metode Simposium Berbasis *Lesson Study* Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Pada Matakuliah Biologi Umum. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, 9–19.
- Laurie, R., Yuko, N. T., and Rosalyn, M. 2016. Contributions of Education for Sustainable Development (ESD) to Quality Education: A Synthesis of Research. *Journal of Education for Sustainable Development*, 10(2), 226-242.

- Liliawati, W. 2011. Pembekalan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa SMA Melalui Pembelajaran Fisika Berbasis Masalah. *Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA*. 16(2), 93-98.
- Lind, K K. 1999. *Dialogue on early childhood science mathematics and technology education The Forum on Early Childhood Science, Mathematics, and Technology Education*. American Association For The Advancement of Science. 198 hlm.
- Magdalena, I., Salsabila, A., Krianasari, D. A., & Apsarini, S. F. 2021. Implementasi model pembelajaran daring pada masa pandemi COVID-19 di kelas III SDN Sindangsari III. *Pandawa*, 3(1), 119-128
- Majid, A. 2011. Perencanaan Pembelajaran Mengembangkan Standar Kompetensi Guru. Remaja Rosdakarya.
- Makuasa, Dian, A. A., and Sitti, R. 2024. Development of a Chemistry Learning E-Module Based on Project-Based Learning with a STEM Approach to Improve Students Problem Solving and Communication Skills on Solubility and Solubility Product Material. *International Journal of Education, Humaniora, and Social Studies*, 1(1): 22–27.
- Masthura, & Jumiati, E. (2021). Pengaruh Variasi Volume Larutan Kulit Nenas Terhadap Sifat Kelistrikan Bio-Baterai. *Jurnal Ikatan Alumni Fisika Universitas Negeri Medan*, 7(3), 1–6.
- Mayer, R. 1999. Research-based principles for the design of instructional messages: The case of multimedia explanations. *Document Design*, 1(1), 7–19.
- Meita, Lani, Indah, F., Sri, H., dan Shinta, M. 2018. Eksperimen Model Pembelajaran Project Based Learning Dan Project Based Learning Terintegrasi Stem Untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Kreativitas Siswa Pada Kompetensi Dasar Teknologi Pengolahan Susu. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 35(1), 49-60.
- Miranti, I., and Fitri, R. 2023. Pengembangan Media Pop Up Book Materi Minyak Bumi Berbasis *Sosio Scientific Issue (SSI)*. *Journal of Chemistry Education and Integration*, 2(1), 58-66.
- Munkebye, Eli., Scheie, E., Gabrielsen, A., Jordet, A., Misund, S. 2020. Interdisciplinary Primary School Curriculum Units for Sustainable Development.
- Muyassaroh, Izzah, Liyana, S., dan Ira R. K. 2022. Upaya Peningkatan Literasi Sains Mahasiswa Melalui *Blended - Collaborative Problem Based Learning* Berbasis Multiple Representatives. *Jurnal Cakrawala Pendas*, 8(3), 915–

931.

- Nasution, M. 2021. Mengaplikasikan Sel Volta Dalam Pembuatan Baterai Sebagai Penyimpa Energi. *Journal of Electrical Technology*, 6(3), 152–154.
- Newman, M. J. 2005. Problem Based Learning: An introduction and overview of the key features of the approach. *Journal of Veterinary Medical Education*, 32(1), 12–20.
- Novitra, F., Festiyed, Yohandri, & Asrizal. 2021. Development of Online- based Inquiry Learning Model to Improve 21st-Century Skills of Physics Students in Senior High School. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(9), 1–20.
- OECD. 2019. Pendidikan di Indonesia Belajar dari Hasil PISA 2018. *Pusat Penilaian Pendidikan Balitbang Kemendikbud*. 206 hlm.
- Oktaviani, W. A., & Gaol, A. L. 2022. Design and Build of 1000 V Joule Thief Inverter by Utilizing Pineapple as an Energy Source. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 3(1), 55–61.
- Olusegun, S. 2015. Constructivism Learning Theory : A Paradigm for Teaching and Learning. *IOSR Journal of Research and Method in Education*, 5(6), 66–70.
- Palamarta, A. 2019. Studi Pengaruh Kemasan Kaleng , Karbon dari Sisa Tegangan Baterai Aluminium-Udara, *e-Proceeding of engineering*, 6(2), 5470–5477.
- Piaget, J. 1952. *The Origins of Intelligence in Children*. International Universities Press, INC. 400 hlm.
- Plomp, Tj. (Tjeerd), & Nieveen, N. M. 2010. *An introduction to educational design research : proceedings of the seminar conducted at the East China Normal University, Shanghai (PR China), November 23-26, 2007*. SLO.
- Podgórska, M., and Iwona, Z. 2022. Sustainable Technologies Supported by Project-Based Learning in the Education of Engineers: A Case Study from Poland. *Energies*, 15(1), 1-24.
- Pramesti, Dyah., Riezky, M. P., and Nurma, Y. I. 2022. Effectiveness of Project Based Learning Low Carbon STEM and Discovery Learning to Improve Creative Thinking Skills. *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, 3(3), 444–456.
- Prastowo, A. 2015. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Diva Press. Yogyakarta. 415 hlm. ISBN: 978-602-978-898-3.

- Pratiwi, S N., Cari, C., dan Nurul, S. A. 2019. Pembelajaran IPA Abad 21 dengan Literasi Sains Siswa. *Jurnal Materi dan Pembelajaran*, 9(1), 34–42.
- Purwaningsih, E., S. P. Sari., A. M. Sari., and Ahmad, S. 2020. The Effect of STEM-Pjbl and Discovery Learning on Improving Students' Problem-Solving Skills of the Impulse and Momentum Topic. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(4), 465–76.
- Pusdiklat Pegawai Kemendikbud. 2017. *Pengembangan Silabus dan Penyusunan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran*. Pusdiklat Pegawai Kemendikbud. 1500 hlm.
- Putra, T. I., Nanik, S., dan Enggar, A. 2019. Identifikasi Jenis Dan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Rumah Tangga: Studi Kasus Kelurahan Pasar Tais Kecamatan Seluma Kabupaten Seluma. *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 8(2), 49–61.
- Putri, S. D., Ulhusna, M., Zakirman, Z., & Gusta, W. 2020. Improvement of Student Science Literacy Skills Through Edmodobased Teaching Materials in Learning Science in Elementary School. *International Journal of Scientific & Technology Research (IJSTR)*, 9(3), 4649-4652.
- Putri, Y. S., & Alberida, H. 2022. Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik Kelas X Tahun Ajaran 2021/2022 di SMAN 1 Pariaman: (Creative Thinking Skills Class X Students for the 2021/2022 Academic Year at SMAN 1 Pariaman). *Biodik*, 8(2), 112-117.
- Rahim, F. R., Suherman, D. S., & Muttaqin, A. 2020. Exploring the effectiveness of e-book for students on learning material: a literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1481(1), 012105.
- Rakbamrung, P., Thepnuan, P., & Nujenjit, N. 2015. Use of a SySTEM Thinking Learning Force and Motion Concept in Physics for Nurse Course. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 197, 126–134.
- Ranti, Shofia, and Usmeldi. 2019. Development of Integrated Science Student's Worksheet (LKPD) Based on Research-Based Learning Integrated with Religion Value. *Journal of Physics: Conference Series*, 1185(1), 1-9.
- Ratumanan, T., dan Laurent, T. 2011. *Penilaian Hasil Belajar pada Tingkat Satuan Pendidikan (2nd Ed)*. Unesa University Press. 1500 hlm.
- Razali, N., and Bee Wah, Y. 2011. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *In Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1), 21-33.
- Roberts, A., and Diana, C. 2012. Applying STEM Instructional Strategies to

- Design and Technology Curriculum. *Technology Education in the 21st Century*, 5(4), 111–18.
- Rohaeti, E. W., dan Padmaningrum, E. 2012. Kualitas lembar kerja siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 10(1), 1–45.
- Rosidin, U. 2017. Evaluasi dan Asesmen Pembelajaran. Bandar Lampung: Media Akademi.
- Sadler, T. D. 2009. Situated learning in science education: Socio-scientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, 45(1), 1-42.
- Saefullah, A., Y. Guntara, and L. Nulhakim. 2020. Reconstruction of Teaching Materials with Socio-Scientific Issues Context on Source of Energy Content. *Journal of Physics: Conference Series*, 1467(1), 1-6.
- Saputra, K., Azizah, L., Saputri, N. M. I., & Suseno, N. 2024. Analisis Upaya Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa pada Pembelajaran IPA. *Jurnal Firnas*, 5(1), 13-20.
- Saqa. 2000. *The National Qualifications Framework and Curriculum Development*. South African Qualifications Authority. 32 hlm.
- Sari, E. D. P., Trisnawati, R. K., Agustina, M. F., Adiarti, D., & Noorashid, N. 2023. Assessment of Students' Creative Thinking Skill on the Implementation of Project-Based Learning. *International Journal of Language Education*, 7(3), 414-428.
- Sarid, A. 2018. A Theory of Education. *Cambridge Journal of Education*, 48(4), 479–94.
- Satchwell, R. E., and Franzie, L. L. 2002. Designing and Implementing an Integrated Mathematics, Science, and Technology Curriculum for the Middle School. *Journal of Industrial Teacher Education*, 39(3), 41–66.
- Schmid, C. 2003. Energiequerschnittstechniken - Einsparpotentiale, Hemmnisse und Maßnahmen zu ihrer Erschließung. *VDI Berichte*, 5(1767), 21–35.
- Schunk, D. H. 2012. *Learning Theories: An Educational Perspective Sixth Edition*. Pearson.
- Segara, N. B. 2015. Education for sustainable development (ESD) sebuah upaya mewujudkan kelestarian lingkungan. *Sosio-Didaktika: Social Science Education Journal*, 2(1), 22-30.
- Setyowati, Y., Kaniawati, I., Sriyati, S., Nurlaelah, E., dan Hernani, H. 2022. The Development of Science Teaching Materials Based on the PjBL-STEM Model and ESD Approach on Environmental Pollution Materials. *Jurnal IPA*

& Pembelajaran IPA, 6(1), 45–53.

- Shidiq, A. A., Siregar, P., Avriya, V., Anggraini, D. A., Nurhaliza, D., & Rati, T. A. 2022. Pemanfaatan Limbah Kulit Nanas sebagai Bahan Pembuatan Paper Soap untuk Meningkatkan Perekonomian Masyarakat Desa Kualu Nenas. *Jurnal Pengabdian Untukmu Negeri*, 6(2), 117– 122.
- Silitonga, A., dan Ibrahim, H. 2020. Buku Ajar Energi Baru dan Terbarukan. Sleman, 245 hlm.
- Simpson, E. J. 1971. Educational Objectives in The Psychomotor Domain. Behavioral Objectives in Curriculum Development: Selected Readings and Bibliography, 60(2), 1–35.
- Solikhah, A. A., & Bramastia, B. 2024. Systematic Literature Review: Kajian Potensi dan Pemanfaatan Sumber Daya Energi Baru dan Terbarukan Di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 5(1), 27-43.
- Stohlmann, M. 2021. Integrated STEM Education through Game-Based Learning. *STEM Solutions Manager Learning*. 12 hlm.
- Subianto, A. W. 2017. Pembelajaran Biologi Berbasis Socio-Scientific Issues (SSI) Untuk Mengasah Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi Iain Syekh Nurjati*, 5, 1–11.
- Sudjana. 2005. *Metode Statistik*. PT. Tarsito. Solo. 508 hlm. ISBN: 979-9185-18-1
- Suparno, P. 1997. Filsafat Konstruktivisme dalam Pendidikan. Kanisius.
- Suryaningsih, S., and Riska, N. 2021. Pentingnya Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Inovatif Dalam Proses Pembelajaran Abad 21. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 2(7), 1256–1268.
- Suwono, H., Rofi'Ah, N. L., Saefi, M., & Fachrunnisa, R. 2023. Interactive Socio-Scientific Inquiry for Promoting Scientific Literacy, Enhancing Biological Knowledge, and Developing Critical Thinking. *Journal of Biological Education*, 57(5), 944–59
- Suyanto., Aisal, B., dan Subagyo, A. 2009. *Designing Lesson Plan*. Supplement Module MGMP-Bermutu. 20 hlm.
- Suyatna, A. 2017. Uji Statistik Berbantuan SPSS untuk Penelitian Pendidikan. Yogyakarta: Media Akademi.
- Syafitri., Rosa, A., and Tressyalina. 2020. The Importance of the Student Worksheets of Electronic (E-LKPD) Contextual Teaching and Learning (CTL) in Learning to Write Description Text during Pandemic COVID-19.

Proceedings of the 3rd International Conference on Language, Literature, and Education, 485, 284–87.

- Syukri, M., Dewi, A. Y., Elmi, M., dan Abdul, H. 2021. Development of a PjBL Model Learning Program Plan Based on a STEM Approach to Improve Students' Science Process Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(2), 269-274.
- Tamrin, M., Sirate, S. F. S., & Yusuf, M. 2011. Teori Belajar Vygotsky dalam Pembelajaran Matematika. *Sigma (Suara Intelektual Gaya Matematika)*, 3(1), 40–47.
- Tanel, R. 2019. Effect of The Stem Work-Energy Topics on Academic Achievement And Prospective Teachers ' Opinions on Stem Activities. *Journal of Baltic Science Education*, 18(4), 507–518.
- Tanjung, H. S. 2018. Perbedaan Kemampuan Berpikir Kreatif dan Pemecahan Masalah Matematis Siswa dalam Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Masalah. *Genta Mulia: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 9(1).
- Tilbury, D. 2019. *Higher Education's Commitment to Sustainability: From Understanding to Action*. 21 hlm.
- Tseng, K. H., Chi, C. C., Shi, J. L., and Wen, P. C. 2013. Attitudes towards Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in a Project-Based Learning (PjBL) Environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 87–102.
- Tuhuteru, S., Rumbiak, R. E. Y., Ronald, & Wanimbo, A. 2021. Pelatihan Pengolahan Limbah Kulit Buah Nanas Menjadi Pupuk Organik Cair di Distrik Bokondini. *Jurnal Pengabdian Nasional (JPN) Indonesia*, 2(2), 45–52.
- Tzou, C., Bang, M., & Bricker, L. 2021. Commentary: Designing Science Instructional Materials that Contribute to More Just, Equitable, and Culturally Thriving Learning and Teaching in Science Education. *Journal of Science Teacher Education*, 32(7), 858- 864.
- Ulger, K. 2018. The Effect of Problem-Based Learning on the Creative Thinking and Critical Thinking Disposition of Students in Visual Arts Education. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 12(1), 1-31.
- UNESCO. 2017. Leveraging Information and Communication Technology to Achieve Education 2030 – Report of the UNESCO 2017 International Forum on ICT and Education 2030. Qingdao: UNESCO.

- Vioreza, N., Hilyati, W., & Lasminingsih, M. 2023. Education for Sustainable Development: Bagaimana Urgensi Dan Peluang Penerapannya Pada Kurikulum Merdeka?. *PUSAKA: Journal of Educational Review*, 1(1), 34-48.
- Vygotsky, L. S. 1978. *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Process*. Harvard University Press. 300 hlm.
- Wang, H. H., Chen, H. T., Lin, H. S., Huang, Y. N., and Hong, Z. R. 2017. Longitudinal Study of a Cooperation-Driven, Socio-Scientific Issue Intervention on Promoting Students' Critical Thinking and Self-Regulation in Learning Science. *International Journal of Science Education*, 39(15), 2002–26.
- Winata, A., Sri, C., dan Heny, S. 2020. Upaya Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif Mahasiswa Dengan Pembelajaran Kooperatif Berbasis Android. *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 6(1), 1–11.
- Windasari, N. S., Sri, Y., dan Elfi, S. 2020. Pengaruh Model Project Based Learning Terintegrasi STEM (PjBL-STEM) Terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Pada Materi Asam dan Basa Kelas XI Di SMA Negeri 3 Surakarta Tahun Pelajaran 2018/2019. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 9(1), 47–53.
- Yaumi, M. 2013. Prinsip-Prinsip Desain Pembelajaran. Jakarta: Kencana
- Yulia, S. R., Yulia, P., and Ramli. 2021. Validity of Physics E-Handouts Based on the STEM Approach to Improve Students' Knowledge Competency. *Journal of Physics: Conference Series*, 1876(1), 1–6.
- Yuliastini, I., Sri, R., dan Fauziatul, F. 2016. POGIL Berkonteks Socio Scientific Issues (SSI) dan Literasi Sains Siswa SMK. Pros. Seminar Nasional Pendidikan IPA Pascasarjana UM, 1, 601-614.
- Yusup, M. 2017. Analisis Kurikulum Fisika SMA dalam Perspektif Literasi Energi. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, 4(1), 48-53.
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. 2011. Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21(3), 317–331.
- Zambrano R., J., Kirschner, F., Sweller, J., & Kirschner, P. A. (2019). Effects of prior knowledge on collaborative and individual learning. *Learning and Instruction*, 63.
- Zeidler, D. L., and Bryan, H. N. 2009. Socioscientific Issues: Theory and Practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49–58.