

**PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN ENERGI
TERBARUKAN DENGAN STRATEGI *ENGINEERING
DESIGN PROCESS* TERINTEGRASI *PJBL-STEM*
UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN
CREATIVE PROBLEM SOLVING DAN
LITERASI NUMERASI**

(Tesis)

Oleh

**SOFHIA CHAIRUNNISYA
2223022002**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER PENDIDIKAN
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN ENERGI TERBARUKAN DENGAN STRATEGI *ENGINEERING DESIGN PROCESS* TERINTEGRASI PjBL-STEM UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN *CREATIVE PROBLEM SOLVING* DAN LITERASI NUMERASI

Oleh

SOFHIA CHAIRUNNISYA

Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan Program Pembelajaran dengan strategi Engineering Design Process (EDP) Terintegrasi PjBL-STEM yang valid untuk menstimulus keterampilan *creative problem solving* dan literasi peserta didik pada topik energi terbarukan, serta kepraktisan dan efektivitas dari program pembelajaran tersebut. Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan dengan desain ADDIE yang terdiri dari langkah *analyze, define, design, implementation, dan evaluation*. Hasil analisis data menunjukkan Program Pembelajaran yang dikembangkan valid untuk menstimulus keterampilan keterampilan *creative problem solving* dan literasi peserta didik pada topik energi terbarukan dengan persentase 91.8%. Kepraktisan program pembelajaran memperoleh persentase 90% dengan kriteria sangat praktis, dan efektivitas memperoleh *N-Gain* 0.6 dengan kriteria peningkatan sedang. Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa: 1) Program pembelajaran dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM dinyatakan valid secara isi, bahasa, media dan desain berdasarkan hasil penilaian; 2) Kepraktisan Program pembelajaran dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM yang ditinjau dari segi keterlaksanaan, kemenarikan, dan keterbacaan, terkategori sangat praktis, sehingga dapat digunakan pada pembelajaran Fisika SMA, Kurikulum Merdeka, Fase E, topik Energi Terbarukan; serta 3) Efektivitas Program pembelajaran dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM terkategori sedang, sehingga Program pembelajaran dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM dapat menstimulus peningkatan keterampilan *creative problem solving* dan literasi numerasi peserta didik pada topik energi terbarukan.

Kata Kunci: *Creative Problem Solving Engineering Design Process*, Literasi Numerasi, PjBL-STEM, Program Pembelajaran.

ABSTRACT

THE DEVELOPMENT OF A RENEWABLE ENERGY LEARNING PROGRAM UTILIZES ENGINEERING STRATEGIES AND PjBL-STEM INTEGRATED PROCESS DESIGN TO ENHANCE LEARNERS' SKILLS IN CREATIVE PROBLEM-SOLVING AND NUMERATION LITERACY

By

SOFHIA CHAIRUNNISYA

This research aims to describe a learning program employing a valid PjBL-STEM Integrated Engineering Design Process (EDP) strategy aimed at stimulating students' creative problem-solving and numeracy literacy skills in renewable energy topics, as well as evaluating the practicality and effectiveness of the program. This type of research falls under development research with an ADDIE design comprising analyze, define, design, implementation, and evaluation steps. The results of data analysis indicate that the developed learning program is valid for stimulating students' creative problem-solving and literacy skills in renewable energy topics, with a percentage of 91.8%. The practicality of the learning program scored 90%, meeting very practical criteria, while its effectiveness yielded an N-Gain of 0.6, indicating moderate improvement. Based on the results of the data analysis that has been carried out, it can be concluded that: 1) The learning program employing the PjBL-STEM integrated EDP strategy is deemed valid in terms of content, language, media, and design based on the assessment results; 2) The practicality of the learning program utilizing the PjBL-STEM integrated EDP strategy, as assessed in terms of implementation, interest, and readability, is classified as very practical, rendering it suitable for use in high school physics learning, the Independent Curriculum, Phase E, Renewable Energy topics; and 3) The effectiveness of the learning program employing the PjBL-STEM integrated EDP strategy is categorized as moderate, indicating its ability to enhance students' creative problem-solving skills and numeracy literacy in renewable energy topics.

Keywords : *Creative Problem Solving, Engineering Design Process, Numeracy Literacy, PjBL-STEM, Learning Program.*

**PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN ENERGI
TERBARUKAN DENGAN STRATEGI *ENGINEERING
DESIGN PROCESS* TERINTEGRASI PJBL-STEM
UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN
CREATIVE PROBLEM SOLVING DAN
LITERASI NUMERASI**

Oleh

SOFHIA CHAIRUNNISYA

Tesis

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

Pada

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



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Tesis : **PENGEMBANGAN PROGRAM PEMBELAJARAN ENERGI TERBARUKAN DENGAN STRATEGI *ENGINEERING DESIGN PROCESS* TERINTEGRASI PJBL-STEM UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN *CREATIVE PROBLEM SOLVING* DAN LITERASI NUMERASI**

Nama Mahapeserta didik : Sofhia Chairunnisya

Nomor Pokok Mahapeserta didik : 2223022002

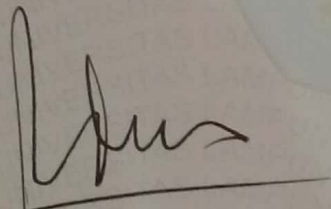
Program Studi : Magister Pendidikan Fisika

Jurusan : Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

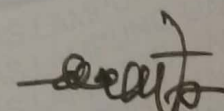
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing,

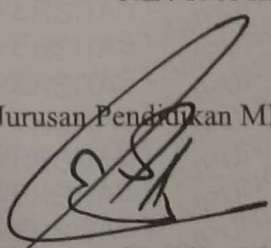


Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si
NIP. 19681210 199303 1 002



Dr. I Wayan Disitrik, M.Si
NIP. 19631215 199102 1 001

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA,

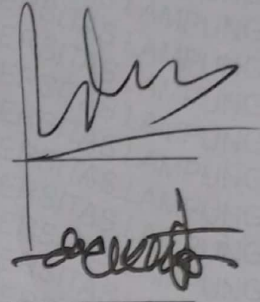


Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.
NIP. 19600301 198503 1 003

MENGESAHKAN

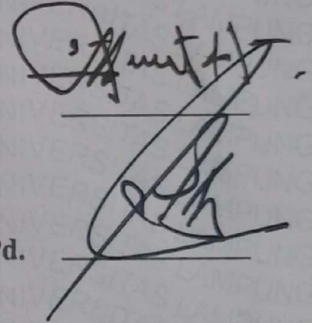
1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.



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

Penguji Anggota : Dr. Kartini Herlina, M.Si.



: Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.



Prof. Dr. Sunyono, M.Si.
NIP 19631230 199111 1 001

3. Direktur Program Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 25 April 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini adalah:

Nama : Sofhia Chairunnisya

NPM : 2223022002

Fakultas / Jurusan : KIP / Pendidikan MIPA

Program Studi : Magister Pendidikan Fisika

Alamat : Perumahan Karunia Indah F3 No. 6/7, Sukabumi Indah,
Bandar Lampung.

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

Bandar Lampung, 25 April 2024



Menyatakan,

Sofhia Chairunnisya

NPM 2223022002

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Sofhia Chairunnisya, dilahirkan pada tanggal 13 Juni 1997 di Bandar Lampung. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Nur Ali dan Ibu Dra. Ratu Sabarina. Pendidikan yang telah ditempuh oleh penulis adalah Sekolah Dasar Negeri 2 Campang Raya pada Tahun 2008, Sekolah Menengah Pertama Negeri 31 Bandar Lampung pada Tahun 2011, Sekolah Menengah Kejuruan Farmasi Cendikia Farma Husada Bandar Lampung pada Tahun 2014.

Penulis diterima di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung pada tahun 2014 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Penulis lulus pendidikan Sarjana Sains pada tahun 2019, kemudian melanjutkan studi Magister Pendidikan Fisika Universitas Lampung pada tahun 2022.

MOTTO

“Allah tempat meminta segala sesuatu”
(Al-Ikhlās : 2)

“He who has a why to live for can bear almost any how”
(Friedrich Nietzsche)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang selalu membebrikan limpahan rahmat dan karunia-Nya, sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad *shalallahu 'alaihi wasallam*. Dengan kerendahan hati, penulis mempersembahkan karya tulis sederhana sebagai rasa tanggung jawab dalam menyelesaikan pendidikan dan tanda bakti kasih tulus kepada:

1. Kedua orangtuaku tercinta, Ibu Dra. Ratu Sabarina dan Ayah Nur Ali yang senantiasa mendoakan, memberikan bimbingan dan kepercayaan serta selalu memperjuangkan masa depan untukku. Terimakasih atas segala pengorbanan yang telah diberikan kepadaku. Semoga Ibu dan Ayah selalu diberi kesehatan, kebahagiaan, serta segala kebaikan dalam hidup dunia hingga akhirat.
2. Kakakku Mohammad Welly Justiceawan, S.Tr.P., dan Adikku Mohammad Saddam Ali atas dukungan yang selalu diberikan pada setiap harapanku. Semoga selalu ada kemudahan dalam mencapai setiap harapanmu juga.
3. Para pendidik yang senantiasa memberikan ilmu dan pendidikan terbaik serta waktu yang berharga dalam membimbingku. Semoga selalu diberikan kebaikan dalam hidup dunia hingga akhirat, serta ilmu yang diberikan dapat selalu bermanfaat.
4. Teman-teman, atas waktu dan bantuan yang telah diberikan.
5. Almamater tercinta Universitas Lampung.

SANWACANA

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT, karena atas nikmat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan Fisika di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini 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 Prof. Dr. Sunyono, M.Si., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung.
4. Bapak Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA sekaligus pembahas II atas ilmu, kritik, saran, dan motivasi yang bersifat positif dan membangun.
5. Bapak Dr. I Wayan Distrik, M.Si. selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan Fisika sekaligus pembimbing II, atas ilmu, waktu, bimbingan serta motivasi kepada penulis selama masa perkuliahan.
6. Bapak Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si. selaku pembimbing akademik sekaligus pembimbing I atas ilmu, waktu, bimbingan dan saran, serta motivasi kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Ibu Dr. Kartini Herlina selaku pembahas yang banyak memberikan ilmu, waktu, kritik, saran, dan motivasi yang bersifat positif dan membangun selama masa perkuliahan.
8. Bapak dan ibu dosen serta staff Program Studi Magister Pendidikan Fisika Universitas Lampung yang telah membimbing penulis dalam pembelajaran di Universitas Lampung.

9. Ibu Maria Habiba, M.Pd., selaku kepala SMAN 15 Bandar Lampung yang telah memberi izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian.
10. Keluarga Kesebelasan Magister Pendidikan Fisika Angkatan 2022
11. Seluruh Peserta didik kelas X.7 dan X.1 SMAN 15 Bandar Lampung Tahun Pelajaran 2023/2024.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tesis ini.

Penulis berharap bahwa segala amal dan bantuan yang telah diberikan dapat menjadi amal yang diterima oleh Allah SWT, serta semoga tesis ini memberikan manfaat yang berkelanjutan. Aamiin.

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|-------------|
| DAFTAR TABEL..... | v |
| DAFTAR GAMBAR..... | viii |
| DAFTAR LAMPIRAN | ix |
| I. PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 5 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 5 |
| 1.5 Ruang Lingkup Penelitian | 6 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Teori Belajar Konektivisme | 8 |
| 2.2 Program Pembelajaran | 10 |
| 2.3 Energi Terbarukan..... | 12 |
| 2.4 <i>Engineering Design Process</i> (EDP) | 15 |
| 2.5 <i>Science, Technology, Engineering, Mathematics</i> (STEM) | 17 |
| 2.6 Keterampilan <i>Creative Problem Solving</i> | 20 |
| 2.7 Literasi dan Numerasi | 24 |
| 2.8 Penelitian Relevan..... | 25 |
| 2.9 Kerangka Pemikiran | 26 |
| III. METODE PENELITIAN | |
| 3.1 Desain Penelitian..... | 30 |
| 3.2 Prosedur Pengembangan | 30 |
| 3.3 Teknik Pengumpulan Data | 36 |
| 3.4 Teknik Analisis Data | 37 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1 Hasil | 40 |
| 4.2 Pembahasan | 65 |

V. KESIMPULAN DAN SARAN

| | |
|---------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan..... | 85 |
| 5.2 Saran | 86 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| 1. Komposisi Biogas, Gas Alam, dan <i>Landfill Gas</i> | 13 |
| 2. Indikator Beberapa Karakteristik dan Potensi Metana dari Berbagai Jenis Sisa Makanan | 15 |
| 3. Definisi Literasi STEM | 18 |
| 4. Indikator <i>Creative Problem Solving</i> | 20 |
| 5. Penelitian Relevan..... | 25 |
| 6. Skala <i>Likert</i> pada Skala Validasi..... | 36 |
| 7. Skala <i>Likert</i> pada Skala Kepraktisan..... | 37 |
| 8. Konversi Skor Penilaian Kevalidan Produk..... | 38 |
| 9. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan Produk..... | 38 |
| 10. Klasifikasi Koefisien Korelasi Uji Validitas..... | 39 |
| 11. Klasifikasi Koefisien Reliabilitas..... | 40 |
| 12. Kriteria Nilai <i>Effect Size</i> | 42 |
| 13. Kategori Nilai <i>N-Gain</i> | 42 |
| 14. Tampilan <i>e-LKPD</i> yang Dikembangkan..... | 47 |
| 15. Tampilan <i>e-Handout</i> yang Dikembangkan..... | 51 |
| 16. Hasil Validasi 3 Validator terhadap Modul Ajar | 56 |
| 17. Hasil Validasi 3 Validator terhadap <i>e-LKPD</i> | 56 |

| | |
|---|----|
| 18. Hasil Validasi 3 Validator terhadap <i>e-Handout</i> | 57 |
| 19. Hasil Validasi Program Pembelajaran | 57 |
| 20. Hasil Uji Validitas Instrumen Tes <i>Creative Problem Solving</i> dan Literasi Numerasi Peserta Didik | 58 |
| 21. Hasil Uji Kepraktisan..... | 59 |
| 22. Nilai <i>Sig. (2-tailed)</i> dari Hasil Uji Normalitas Instrumen Tes <i>Creative Problem Solving</i> dan Literasi Numerasi | 60 |
| 23. Statistik Dekriptif dari Skor <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Instrumen Tes <i>Creative Problem Solving</i> dan Literasi Numerasi..... | 61 |
| 24. Hasil Uji Independent Sample T-Test Instrumen Tes Keterampilan <i>Creative Problem Solving</i> dan Literasi Numerasi..... | 62 |
| 25. Hasil Rata-rata <i>N-Gain</i> Kelas Eksperimen dan Kontrol | 62 |
| 26. Hasil Rata-rata <i>N-Gain</i> pada setiap Indikator | 63 |
| 27. Hasil Uji Dampak <i>Creative Problem Solving</i> | 64 |
| 28. Hasil Uji Dampak Literasi Numerasi..... | 64 |
| 29. Komentar dan Saran Validator terhadap Program Pembelajaran | 65 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| 1. Produksi Biogas dan Pupuk..... | 14 |
| 2. Tahapan EDP..... | 16 |
| 3. Bagan Kerangka Pemikiran..... | 30 |
| 4. Diagram Alir Pengembangan Program Pembelajaran..... | 32 |
| 5. Alur Uji Efektivitas | 35 |
| 6. Rancangan <i>e-LKPD</i> | 45 |
| 7. Rancangan <i>e-Handout</i> | 46 |
| 8. Multimedia pada <i>e-LKPD</i> dan <i>e-Handout</i> | 69 |
| 9. Rekapitulasi Nilai <i>N-Gain</i> Keterampilan <i>Creative Problem Solving</i> Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol | 70 |
| 10. Rekapitulasi Nilai <i>N-Gain</i> Keterampilan Literasi Numerasi Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol | 72 |
| 11. (a) Aktivitas Peserta Didik pada Kegiatan <i>Reflection</i> (b) Jawaban Peserta Didik pada Tahap <i>Reflection</i> di <i>e-LKPD</i> | 76 |
| 12. Jawaban Peserta Didik pada Tahap <i>Research</i> di <i>e-LKPD</i> | 77 |
| 13. (a) Aktivitas Peserta Didik pada Tahap <i>Discovery</i> (B) Jawaban Peserta Didik tentang Berbagai Solusi Produk Energi Terbarukan pada Tahap <i>Discovery</i> di <i>e-LKPD</i> (C) Jawaban Peserta Didik tentang Solusi Produk Energi Terbarukan yang Dipilih pada Tahap <i>Discovery</i> di <i>e-LKPD</i> | 81 |
| 14. Jawaban Peserta Didik Berupa Rancangan Produk Biogas..... | 81 |

| | |
|--|----|
| 15. (a) Aktivitas Peserta Didik pada Tahap <i>Application</i> (b) Jawaban Peserta Didik pada Tahap <i>Application</i> di <i>e-LKPD</i> | 82 |
| 16. Uji Coba Produk Biogas Limbah Organik | 83 |
| 17. (a) Aktivitas Peserta Didik pada Tahap <i>Communication</i> (b) <i>Slide PPT</i> Biogas Limbah Buah dan Sayur sebagai Bahan Presentasi | 85 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|--|---------|
| 1. Produk Program Pembelajaran (Modul Ajar)..... | 93 |
| 2. Produk Program Pembelajaran (<i>e-LKPD</i>)..... | 107 |
| 3. Produk Program Pembelajaran (<i>e-Handout</i>) | 135 |
| 4. Kisi-Kisi Instrumen Tes <i>Creative Problem Solving</i> dan Literasi Numerasi..... | 164 |
| 5. Instrumen Tes <i>Creative Problem Solving</i> dan Literasi Numerasi | 182 |
| 6. Hasil Uji Validitas dan Reabilitas | 188 |
| 7. Lembar Validasi Program Pembelajaran | 191 |
| 8. Rekapitulasi Hasil Validasi Isi Modul Ajar | 215 |
| 9. Rekapitulasi Hasil Validasi Konstruk Modul Ajar | 216 |
| 10. Rekapitulasi Hasil Validasi Bahasa Modul Ajar | 217 |
| 11. Rekapitulasi Hasil Validasi Isi <i>e-LKPD</i> | 218 |
| 12. Rekapitulasi Hasil Validasi Media dan Desain <i>e-LKPD</i> | 220 |
| 13. Rekapitulasi Hasil Validasi Isi <i>e-Handout</i> | 221 |
| 14. Rekapitulasi Hasil Validasi Media dan Desain <i>e-Handout</i> | 223 |
| 15. Skala Kemenarikan Program Pembelajaran | 224 |
| 16. Skala Keterbacaan Program Pembelajaran..... | 227 |

| | |
|---|-----|
| 17. Rekapitulasi Hasil Uji Kemenarikan Program Pembelajaran..... | 230 |
| 18. Rekapitulasi Hasil Uji Keterbacaan Program Pembelajaran..... | 232 |
| 19. Hasil <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Instrumen Tes <i>Creative Problem Solving</i> Kelas Eksperimen | 234 |
| 20. Hasil <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Instrumen Tes Literasi Numerasi Solving Kelas Eksperimen..... | 236 |
| 21. Hasil <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Instrumen Tes <i>Creative Problem Solving</i> Kelas Kontrol | 238 |
| 22. Hasil Hasil <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Instrumen Tes Literasi Numerasi Kelas Kontrol | 240 |
| 23. Hasil Uji Normalitas Instrumen Tes <i>Creative Problem Solving</i> | 242 |
| 24. Hasil Uji Normalitas Instrumen Tes Literasi Numerasi..... | 243 |
| 25. Rekapitulasi <i>Pretest</i> , <i>Posttest</i> , dan <i>N-Gain</i> Keterampilan <i>Creative Solving</i> Kelas Eksperimen | 244 |
| 26. Rekapitulasi <i>Pretest</i> , <i>Posttest</i> , dan <i>N-Gain</i> Keterampilan Literasi Numerasi Kelas Eksperimen..... | 245 |
| 27. Rekapitulasi <i>Pretest</i> , <i>Posttest</i> , dan <i>N-Gain</i> Keterampilan <i>Creative Solving</i> Kelas Kontrol | 246 |
| 28. Rekapitulasi <i>Pretest</i> , <i>Posttest</i> , dan <i>N-Gain</i> Keterampilan Literasi Numerasi Kelas Kontrol | 247 |
| 29. Rekapitulasi <i>N-Gain</i> setiap Indikator..... | 248 |
| 30. Hasil Uji Beda Rata-rata Skor <i>Pretest Creative Problem Solving</i> | 250 |
| 30. Hasil Uji Beda Rata-rata Skor <i>Posttest Creative Problem Solving</i> | 251 |
| 31. Hasil Uji Beda Rata-rata Skor <i>Pretest</i> Literasi Numerasi | 252 |
| 32. Hasil Uji Beda Rata-rata Skor <i>Posttest</i> Literasi Numerasi | 253 |
| 33. Hasil Uji ANCOVA dan <i>Effect Size Creative Problem Solving</i> | 254 |
| 34. Hasil Uji ANCOVA dan <i>Effect Size</i> Literasi Numerasi | 255 |
| 35. Surat Izin Penelitian | 256 |

| | |
|--|-----|
| 36. Surat Keterangan Penelitian..... | 257 |
| 37. Dokumentasi Penelitian | 258 |
| 38. Lembar Observasi Keterlaksanaan Program Pembelajaran | 259 |

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pendidikan dituntut dapat menciptakan peserta didik yang kompeten dan mampu bersaing secara global dalam beradaptasi dengan perkembangan zaman yang terjadi pada abad 21. Upaya yang dapat dilakukan untuk memiliki keterampilan abad 21 adalah meningkatkan kualitas pembelajaran abad 21, salah satunya adalah pengembangan program pembelajaran. Pada abad 21 peserta didik diruntut memiliki keterampilan 4C terdiri dari keterampilan berpikir kritis (*Critical Thinking*), berkomunikasi (*Communication*), berpikir kreatif (*Creative Thinking*) dan kerjasama (*Collaboration*) (Bialik et al., 2015). Keterampilan ini akan meningkatkan toleransi terhadap keberagaman, meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreatif dalam menyelesaikan masalah dan mampu mengaitkannya antar teori maupun kehidupan nyatanya (Almarzooq et al., 2020).

Keterampilan berpikir kreatif (*Creative Thinking*) merupakan salah satu keterampilan pada Abad 21. Berpikir kreatif adalah cara berpikir yang dapat menghasilkan ide-ide, sesuatu yang baru atau berbeda dari yang telah ada sebelumnya dalam memecahkan masalah (Malik et al., 2019). Keterampilan berpikir kreatif dalam proses pembelajaran yaitu untuk membantu peserta didik dalam memahami informasi atau pesan berupa materi pelajaran yang disampaikan oleh guru. Selain itu, peserta didik juga dapat memberikan tanggapan, menyampaikan ide serta pendapatnya dengan baik, sopan dan berani (Fitriah et al., 2020).

Salah satu jenis keterampilan berpikir kreatif yang penting dikembangkan dalam pembelajaran fisika adalah *creative problem solving*. Menurut Mar'atu Adilah & Suliyannah (2020) *creative problem solving* adalah alternatif yang dapat dilakukan untuk mengubah proses pembelajaran yang pasif menjadi aktif sehingga melatih peserta didik dalam memecahkan suatu permasalahan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Supriati (2022) bahwa *creative problem solving* berbasis teknologi Informasi membuat peserta didik menjadi lebih aktif dalam pembelajaran karena membiasakan peserta didik untuk berdiskusi memecahkan masalah fisika bersama teman kelompoknya.

Keterampilan berpikir kreatif erat kaitannya dengan keterampilan literasi, seperti yang dicantumkan dalam Buku Saku Gerakan Literasi Sekolah bahwa literasi bermakna kemampuan dalam mengakses, memahami dan menggunakan informasi secara cerdas (Nugraha & Octavianah, 2020). Terdapat berbagai macam kemampuan literasi yang perlu dikuasai oleh peserta didik, salah satunya adalah literasi numerasi. Literasi numerasi merupakan pengetahuan dan kecakapan untuk menggunakan berbagai macam angka dan simbol yang berkaitan dengan matematika dasar guna memecahkan masalah praktis dalam kehidupan sehari-hari lalu menganalisis informasi yang ditampilkan dalam berbagai bentuk serta menginterpretasi hasil analisis untuk memprediksi dan mengambil keputusan (Tim GLN, 2019). Sejalan dengan pernyataan tersebut, (Ekowati et al., 2019) mengartikan literasi numerasi sebagai kemampuan seseorang dalam menganalisis dan memahami suatu pernyataan yang dikemas melalui aktivitas dalam memanipulasi simbol atau bahasa yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, serta mengungkapkan pernyataan tersebut melalui tulisan maupun tulisan. Kemampuan literasi numerasi ditunjukkan dengan adanya kemampuan menggunakan keterampilan matematika secara praktis dalam memenuhi tuntutan kehidupan. Kemampuan ini juga merujuk pada apresiasi dan pemahaman informasi yang dinyatakan secara matematis, misalnya grafik, bagan, dan tabel (Mahmud & Pratiwi, 2019).

Peningkatan keterampilan literasi numerasi termasuk tujuan utama pembelajaran. Dengan berliterasi peserta didik dapat menganalisis isu-isu sains terkini, salah satunya adalah permasalahan yang dihadapi Indonesia di bidang energi, Indonesia masih bertumpu pada sumber energi tidak terbarukan. Penggunaan energi di Indonesia untuk sektor transportasi merupakan yang paling tinggi, yakni sebesar 40%, dilanjutkan dengan sektor industri 36%, rumah tangga 16%, kegiatan komersial 6%, dan sektor lain sebesar 2% (Kementrian ESDM, 2018; Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019). Konsumsi energi yang tak diiringi dengan jumlah produksi secara nasional akan mengakibatkan ancaman kelangkaan sumber energi. Ancaman-ancaman tersebut dapat mengancam ketahanan energi nasional, sehingga penghematan energi (konservasi energi) perlu dilakukan (Prasetyo et al., 2020) selain itu pengembangan pembuatan produk energi terbarukan dapat dilakukan karena banyak sumber-sumber energi baru dan terbarukan di Indonesia yang berpotensi untuk menggantikan energi tidak terbarukan dari produk energi fosil (minyak) (Silitonga & Ibrahim, 2020).

Pengintegrasian materi energi terbarukan ke dalam ke dalam kurikulum pembelajaran di sekolah dilakukan sebagai salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan ketersediaan energi di Indonesia yang merupakan salah satu tujuan *Education for Sustainable Development* (ESD). Hal ini ditunjukkan oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh (Clarisa et al., 2020) bahwa ESD dapat meningkatkan *awareness* peserta didik. Materi energi terbarukan diharapkan dapat lebih mudah dipahami peserta didik jika dikaitkan dengan lingkungan sekitar. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh (Nuraeni et al., 2020) menunjukkan hasil bahwa 95% peserta didik lebih tertarik mempelajari sains, jika materinya dikaitkan dengan masalah sehari-hari atau dengan kehidupan nyata. Hal ini menunjukkan bahwa diperlukannya model pembelajaran yang sesuai. *Project Based Learning* (PjBL) adalah salah satu model dalam pembelajaran sains yang dapat digunakan untuk memfasilitasi kebutuhan tersebut. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Anggraena et al., 2021) bahwa PjBL memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengeksplorasi suatu topik, isu, dan masalah tanpa ada sekat-sekat

disiplin ilmu atau batasan antar mata pelajaran, dengan demikian PjBL dapat diimplementasikan dalam semua mata pelajaran.

Penggunaan model pembelajaran PjBL dapat dilakukan dengan strategi *Engineering Design Process* terintegrasi STEM. PjBL-STEM dikombinasikan dengan *engineering design process* digambarkan sebagai sistem pendidikan yang menempatkan pengetahuan matematika dalam konteks teknologi desain untuk menciptakan lingkungan pembelajaran pemecahan masalah dimana peserta didik membayangkan solusi untuk desain, mengumpulkan informasi, dan memecahkan masalah nyata (Wahono et al., 2020). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Putra (2023) bahwa EDP dapat mengajak peserta didik untuk memecahkan masalah di dunia nyata dengan aktivitas yang dirancang seperti seorang insinyur (Putra et al., 2023), namun pembelajaran menggunakan EDP belum populer diterapkan di Indonesia, khususnya pada materi energi terbarukan.

Berdasarkan uraian di atas untuk memenuhi kebutuhan pembelajaran pada masa mendatang maka penulis melakukan penelitian mengenai Pengembangan Program Pembelajaran Energi Terbarukan dengan Strategi *Engineering Design Process* (EDP) Terintegrasi *PjBL-STEM* untuk Meningkatkan Keterampilan *Creative Problem Solving* dan Literasi Numerasi Peserta Didik.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana program pembelajaran energi terbarukan dengan strategi *Engineering Design Process* (EDP) terintegrasi STEM yang valid untuk meningkatkan keterampilan *creative problem solving* dan keterampilan literasi numerasi peserta didik?
2. Bagaimana program pembelajaran energi terbarukan dengan strategi *Engineering Design Process* (EDP) terintegrasi STEM yang praktis untuk

meningkatkan keterampilan *creative problem solving* dan keterampilan literasi numerasi peserta didik?

3. Bagaimana program pembelajaran energi terbarukan dengan strategi *Engineering Design Process* (EDP) terintegrasi STEM yang efektif untuk meningkatkan keterampilan *creative problem solving* dan keterampilan literasi numerasi peserta didik?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mendeskripsikan program pembelajaran energi terbarukan dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM yang valid untuk meningkatkan keterampilan *creative problem solving* dan literasi numerasi peserta didik.
2. Mendeskripsikan program pembelajaran energi terbarukan dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM yang praktis untuk meningkatkan keterampilan *creative problem solving* dan literasi numerasi peserta didik.
3. Mendeskripsikan program pembelajaran energi terbarukan dengan EDP terintegrasi PjBL-STEM yang efektif untuk meningkatkan keterampilan *creative problem solving* dan literasi numerasi peserta didik.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Program pembelajaran energi terbarukan dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM diharapkan mampu meningkatkan keterampilan *creative problem solving*.
2. Program pembelajaran energi terbarukan dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM diharapkan mampu meningkatkan keterampilan literasi numerasi peserta didik.
3. Program pembelajaran energi terbarukan dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM diharapkan dapat menjadi salah satu program pembelajaran yang dapat membuat peserta didik memiliki keterampilan *creative problem solving* dan literasi numerasi.

4. Penelitian program pembelajaran energi terbarukan dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM diharapkan dapat memberikan wawasan ilmu pengetahuan terutama pada materi yang dikaji peneliti.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini sebagai berikut.

1. Produk yang dihasilkan dari penelitian pengembangan ini berupa modul ajar, *e-LKPD*, dan *e-Handout* pada topik Energi Terbarukan.
2. Penelitian ini menggunakan strategi EDP menurut Abdurrahman *et al* (2023) yaitu *ask, imagine, plan, create, test, dan improve*.
3. Penelitian ini menggunakan model pembelajaran PjBL-STEM menurut Laboy-Rush (2010).
4. Keterampilan berpikir kreatif yang akan peneliti kaji mencakup beberapa indikator menurut Treffinger dan Isaksen (2005) yaitu *fact finding, fact interpreting, idea finding, idea developing, solution generating, dan solution evaluating*.
5. Keterampilan literasi numerasi mencakup beberapa indikator menurut Gerakan Literasi Numerasi Nasional (2019) yaitu mengaplikasikan berbagai jenis simbol dan angka, menganalisa dasar guna menyelesaikan permasalahan kehidupan sehari-hari, dan menafsirkan hasil analisa guna membuat prediksi.
6. Materi yang diajarkan pada penelitian ini adalah materi fisika Energi Alternatif topik Energi Terbarukan pada peserta didik SMA kelas X, Kurikulum Merdeka Belajar.
7. Kevalidan program pembelajaran ditinjau dari 2 aspek yakni validitas isi dan validitas media dan desain. Program pembelajaran dinyatakan valid untuk digunakan jika mendapat rata-rata persentase lebih dari 60%.
8. Kepraktisan program pembelajaran ditinjau dari 3 aspek yakni keterbacaan, kemenarikan, dan keterlaksanaan. Program pembelajaran dinyatakan praktis diterapkan jika mendapat rata-rata persentase lebih dari 60%.
9. Kefektifan program pembelajaran ditinjau dari nilai *effect size* yang didapatkan. Program pembelajaran dinyatakan efektif menstimulus

keterampilan *creative problem solving* dan literasi numerasi jika mendapatkan *effect size* lebih dari 50%.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Belajar Konektivisme

Perkembangan teknologi yang pesat pada masa kini telah memberikan implikasi yang signifikan terhadap evolusi teori pembelajaran. Teori-teori pembelajaran yang lebih lama tidak lagi mampu mengakomodasi perubahan-perubahan yang terjadi. Seiring dengan itu, muncul teori-teori baru yang dikembangkan tanpa meniadakan kontribusi teori-teori sebelumnya. Dalam konteks era digital saat ini, munculnya teori belajar konektivisme telah menjadi relevan. Teori ini diperkenalkan oleh George Siemens, seorang ahli pendidikan dari Universitas Manitoba, Kanada, pada tanggal 12 Desember 2004 melalui sebuah artikel daring. Konsep ini menawarkan suatu perspektif terhadap pembelajaran di abad ke-21. Konektivisme dipandang sesuai untuk mendukung pembelajaran abad 21 yang menekankan pada keterampilan digital, berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, dan kolaborasi. Konektivisme merupakan salah satu teori pembelajaran yang mengintegrasikan prinsip-prinsip teori *chaos*, jaringan, dan kompleksitas dan *self organizing* (Kontesa & Fauziati, 2022).

Konektivisme adalah integrasi prinsip yang dieksplorasi melalui teori *chaos*, *network*, dan teori kekompleksitasan dan organisasi diri. Belajar adalah proses yang terjadi dalam lingkungan samar-samar dari peningkatan elemen- elemen inti tidak seluruhnya dikontrol oleh individu. Konektivisme diarahkan oleh pemahaman bahwa keputusan didasarkan pada perubahan yang cepat. Informasi baru diperoleh secara kontinu, yang penting adalah kemampuan untuk menentukan antara informasi yang penting dan tidak penting (Wicaksono & Suradika, 2022).

Adapun prinsip-prinsip tersebut menurut George Siemens dalam Wicaksono & Suradika (2022) sebagai berikut:

1. Berkembang keanekaragaman (diversity) pembelajaran dan pengetahuan serta pandangan dan pendapat di era derasnya arus informasi.
2. Pembelajaran terjadi dengan menghubungkan berbagai sumber-sumber informasi sebagai bahan pembelajaran.
3. Implikasi dari kemajuan teknologi dan informasi begitu mudah mengakses ilmu pengetahuan, maka dari itu kapasitas untuk mengetahui sesuatu lebih penting dari pada apa yang saat ini diketahui.
4. Memelihara dan juga mendorong agar terjadinya pembelajaran yang berkelanjutan dengan cara merawat hubungan dengan *network* untuk memfasilitasi terjadinya pembelajaran.
5. Menghubungkan berbagai ide-ide dengan cara melihat berbagai hubungan antara bidang-bidang dengan menemukan konsep-konsep, hal tersebut merupakan keterampilan inti yang dibutuhkan.
6. Tujuan dari kegiatan pembelajaran konektivisme adalah mengupdate pengetahuan yang terbaru dengan memanfaatkan fasilitas teknologi yang ada.
7. Dalam pembelajaran konektivisme pengambilan suatu keputusan merupakan bagian dari proses pembelajaran.
8. Memproses setiap informasi dengan berbagai sumber belajar, mengolah informasi yang tepat agar bisa dijadikan sebagai bahan sumber belajar.
9. Informasi bergerak begitu cepat, maka dari itu diperlukan kejelian dalam melihat informasi yang harus dilihat dengan pergeseran realitas, karena pergeseran informasi tersebut dapat berimplikasi terjadinya pengaruh terhadap keputusan.

Dalam teori konektivisme, pengetahuan bukan hanya pada satu individu, dalam hal ini pendidik saja, tetapi ada di berbagai lapisan dunia atau ada pada setiap orang. Dengan cara memanfaatkan jaringan internet terkoneksi dengan orang lain yang ada di lapisan dunia yang mempunyai pengetahuan yang beragam agar manusia dapat belajar lebih banyak berbagai pengetahuan. Penjelasan eksplisit

dalam konektivisme memanfaatkan media digital untuk fasilitas pembelajaran dan membangun jaringan belajar dengan pihak lain. Dengan di dasarkan bahwa kenyataan di era informasi ini keputusan harus diambil dengan cepat karena perubahan pengetahuan terjadi begitu cepat yang menuntut setiap orang harus tetap belajar lebih banyak berbagai ilmu pengetahuan yang terkoneksi antara satu sama lain dalam jaringan internet.

Pembelajaran berbasis teori konektivisme pertama kali bukan dilakukan langsung pada poin utama kegiatan pembelajaran namun yang dilakukan adalah mempersiapkan mereka belajar. Persiapan yang dilakukan melalui dua hal yaitu dengan persiapan minat belajar dan motivasi belajar dan persiapan untuk menggunakan platform yang digunakan karena modal terbesar kesuksesan belajar peserta didik di abad 21 di era digital sekarang ini adalah minat dan motivasi belajar yang kuat mendapatkan ilmu dan keterampilan agar mereka dapat memecahkan masalah dalam pembelajaran. Inti dari pendekatan teori belajar konektivisme adalah pendekatan memori dan proses berpikir di setiap informasi yang di dapat agar informasi tersebut dapat menjadi sebuah pengetahuan yang relevan dengan materi belajar sesuai dengan pengalaman mereka. Jadi pendekatan mengolah informasi, menyusun informasi, mengingat informasi dan memecahkan masalah adalah bagian dari cara belajar teori konektivisme (Wicaksono & Suradika, 2022).

2.1 Program Pembelajaran

Program itu sendiri adalah suatu rencana yang melibatkan berbagai unit yang berisi kebijakan dan rangkaian kegiatan yang harus dilakukan dalam kurun waktu tertentu, sedangkan program pembelajaran merupakan *output* dari desain sistem pembelajaran yang mencakup deskripsi tentang kompetensi atau tujuan, metode, media, strategi dan isi atau materi pembelajaran, serta evaluasi hasil belajar (Hidayat et al., 2021).

Kurikulum tidaklah bermakna apabila guru tidak mampu mengembangkannya menjadi rencana kegiatan yang dapat digunakan sebagai pedoman/panduan dalam kegiatan belajar mengajar di sekolah. Seorang guru yang ingin berhasil mencapai tujuan pembelajarannya secara optimal, ia harus merancang program-program pembelajaran. Program-program itu dapat berupa program tahunan, program semester, program modul, program mingguan, program harian, program pengayaan, dan program remedial. Pengembangan program pembelajaran tersebut harus mengacu kepada kurikulum yang sedang diberlakukan oleh pemerintah, dibawah koordinasi kementerian pendidikan nasional, karena kualitas pembelajaran peserta didik ditentukan oleh kualitas kurikulum dan tingkat keprofesionalan guru dalam melaksanakan pembelajaran di sekolah berdasarkan hasil program pembelajaran yang telah disusun sebaik mungkin (Marwiyah et al., 2018). Komponen penting yang perlu diperhatikan adalah merumuskan tujuan pembelajaran baik tujuan umum maupun khusus, memahami peserta didik, menganalisis pembelajaran, menguasai strategi pembelajaran dan terakhir melakukan evaluasi/penilaian belajar (Mahruzah Yulia, 2022).

Program pembelajaran Kurikulum Merdeka bukanlah sekadar sebuah rencana kurikulum baru, tetapi lebih merupakan revolusi dalam pendekatan pendidikan yang menggugah semangat inovasi, kreativitas, dan kemandirian dalam belajar. Kurikulum Merdeka menempatkan fokus pada relevansi kurikulum dengan kebutuhan zaman. Dengan perubahan yang cepat dalam masyarakat dan teknologi, pendidikan perlu beradaptasi agar peserta didik siap menghadapi tantangan masa depan. Program pembelajaran Kurikulum Merdeka memungkinkan pengembangan kurikulum yang dinamis dan responsif terhadap perubahan, sehingga peserta didik dapat memperoleh pengetahuan dan keterampilan yang relevan. Salah satu aspek utama dari Kurikulum Merdeka adalah pendorong kreativitas dan inovasi dalam pembelajaran. Ini memberikan ruang bagi guru dan peserta didik untuk mengeksplorasi berbagai metode pembelajaran dan pendekatan yang sesuai dengan kebutuhan dan minat peserta didik. Dengan mendorong kreativitas, Kurikulum Merdeka menghasilkan lingkungan pembelajaran yang memacu peserta didik untuk berpikir kritis, berani

bereksperimen, dan menemukan solusi baru (Hanipah et al., 2023).

2.3 Energi Terbarukan

Energi Terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber energi terbarukan. sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut.

Ketersediaan Energi untuk kebutuhan nasional dipenuhi dengan:

1. Meningkatkan eksplorasi sumber daya, potensi dan/atau cadangan terbukti energi, baik dari jenis fosil maupun energi baru dan energi terbarukan meningkatkan produksi energi dan sumber energi dalam negeri dan/atau dari sumber luar negeri.
2. Meningkatkan keandalan sistem produksi, transportasi, dan distribusi penyediaan energi.
3. Mengurangi ekspor energi fosil secara bertahap terutama gas dan batubara serta menetapkan batas waktu untuk memulai menghentikan ekspor.
4. Mewujudkan keseimbangan antara laju penambahan cadangan energi fosil dengan laju produksi maksimum.
5. Memastikan terjaminnya daya dukung lingkungan hidup untuk menjamin ketersediaan sumber energi air dan panas bumi.

Pemanfaatan sumber daya energi nasional dilaksanakan oleh pemerintah dan/atau pemerintah daerah mengacu pada strategi sebagai berikut:

1. Pemanfaatan sumber energi terbarukan dari jenis energi aliran dan terjunan air, energi panas bumi, energi gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut, dan energi angin diarahkan untuk ketenagalistrikan.
2. Pemanfaatan sumber energi terbarukan dari jenis energi sinar matahari diarahkan untuk ketenagalistrikan, dan energi nonlistrik untuk industri, rumah tangga, dan transportasi.
3. Pemanfaatan sumber energi terbarukan dari jenis bahan bakar nabati

diarahkan untuk menggantikan bahan bakar minyak terutama untuk transportasi dan industri.

4. Pemanfaatan sumber energi terbarukan dari jenis bahan bakar nabati dilakukan dengan tetap menjaga ketahanan pangan.
5. Pemanfaatan energi terbarukan dari jenis biomassa dan sampah diarahkan untuk ketenagalistrikan dan transportasi.

(ESDM, 2014).

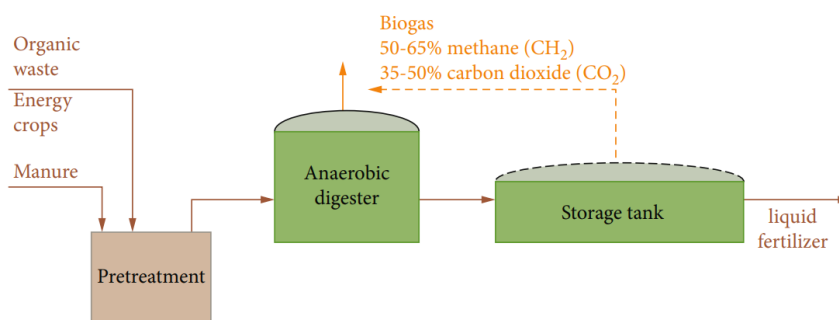
Di antara berbagai sumber energi terbarukan, biogas telah muncul sebagai pilihan yang menjanjikan. Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses dekomposisi material organik secara anaerobik, yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Peran biogas sangat signifikan dalam transisi energi global karena adanya kebutuhan untuk mengubah sistem kelistrikan global dari yang berbasis bahan bakar fosil menjadi yang berbasis energi rendah karbon dan terbarukan. Secara umum komposisi biogas ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Biogas, Gas Alam, dan *Landfill Gas*

| Komposisi | Unit | Biogas | Gas Alam | Landfill Gas |
|----------------------------------|-------|--------|----------|-------------------|
| Methana | % Vol | 55-70 | 91 | 45-58 |
| Ethana | % Vol | 0 | 5,1 | 0 |
| Propanan | % Vol | 0 | 1,8 | 0 |
| Butana | % Vol | 0 | 0,9 | 0 |
| Pentana | % Vol | 0 | 0,3 | 0 |
| CO ₂ | % Vol | 30-45 | 0,61 | 32-45 |
| Nitrogen | % Vol | 0-2 | 0,32 | 0-3 |
| Volatile Organic Compounds (VOC) | % Vol | 0 | 0 | 0,25-0,5 |
| Hidrogen | % Vol | 0 | 0 | Terdeteksi <1% |
| Hidrogen Sulfida | ppm | <500 | <1 | 1--200 |
| Amonia | ppm | <100 | 0 | 0 |
| Karbon Monoksida | ppm | 0 | 0 | Terdeteksi<1% |

Biogas mempunyai peran yang sangat penting dalam transisi energi sebagai sumber energi terbarukan untuk menghasilkan panas, listrik, serta berbagai bahan

bakar untuk transportasi, proses, dan produksi bahan kimia (Machado et al., 2021). Hal ini disebabkan oleh dorongan global untuk mengurangi emisi gas rumah kaca, meningkatnya biaya pembuangan limbah, kemajuan teknologi baru dalam pembangkit listrik seperti hidrogen dan sel bahan bakar, serta ketersediaan dan akses yang luas terhadap biomassa yang dapat terdegradasi dari sektor pertanian dan pusat pengumpulan limbah.



Gambar 1. Produksi Biogas dan Pupuk (Kabeyi & Olanrewaju, 2022).

Limbah pertanian yang mengalami dekomposisi tanpa pengendalian menghasilkan emisi metana dalam jumlah besar ke atmosfer. Fenomena ini menimbulkan dampak serius terhadap efek rumah kaca, mengingat potensi pemanasan global metana yang lebih besar dibandingkan dengan CO₂, dengan kemampuannya menyerap panas sebanyak 86 kali lebih efisien dalam rentang waktu 20 tahun. Oleh karena itu, pengembangan produksi biogas berkelanjutan dari limbah pertanian dianggap sebagai langkah yang krusial dalam mitigasi dampak negatif terhadap lingkungan (Adnan et al., 2019). Selain itu, proses ini dapat memfasilitasi pengolahan bahan baku selama proses penguraian dan juga menghasilkan pupuk organik yang bermanfaat, yang dapat menggantikan penggunaan pupuk kimia secara berkelanjutan dalam pertanian (Jeremiah et al., 2020).

Tabel 2. Beberapa Karakteristik dan Potensi Metana dari Berbagai Jenis Sisa Makanan (Sakarika et al., 2020; Xu et al., 2018).

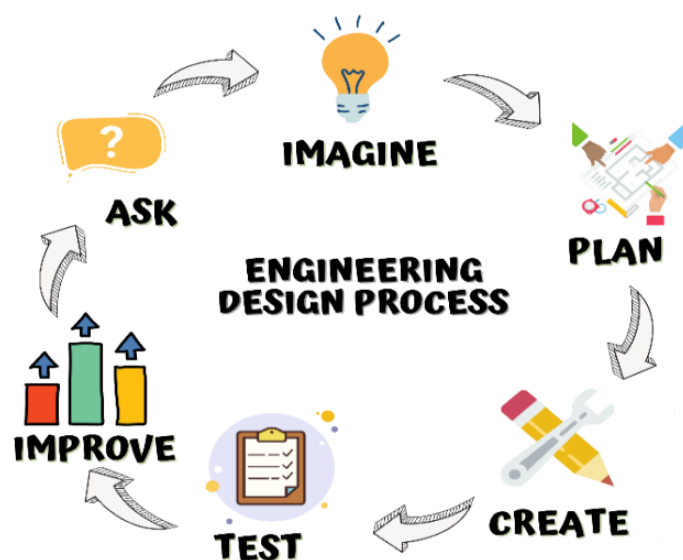
| Jenis | Komposisi | Total Solid | Volatile Solid/Total Solid | C/N ratio | pH | Methane yield (m ³ /kg VS) |
|--|---|-------------|----------------------------|-----------|----------|---------------------------------------|
| Limbah buah dan sayuran | Daun, kulit, kulit, kulit buah, inti, lubang, daging buah, batang, biji, ranting, serta buah dan sayuran busuk. | 7,4-17,9 | 83,4-95,3 | 15,2-18,9 | 3,7-4,2 | 0,16-0,35 |
| Limbah rumah potong hewan | Darah, kotoran, rambut, lemak, bulu dan tulang. | 2,0-28,3 | 75,0-93,6 | 3,0-6,0 | 5,9-7,4 | 0,20-0,50 |
| Limbah tempat pembuatan bir | Biji-bijian pembuat bir bekas, ragi, hop dan trub (protein), sisa dari penyaringan bir. | 23,0-29,2 | 87,6-97,0 | 18,8-54,9 | 4,6-6,9 | 0,22-0,31 |
| Limbah Susu | 60–95% air. Kebanyakan sisa olahan keju | 0,1-7,0 | 83,1-84,8 | 11,4-13,6 | 6,0-11,0 | 0,10-0,85 |
| Limbah makanan hewan | Daging cincang, pati, serat makanan. | 86,0-93,0 | 74,6-94,5 | 10,0-25,0 | 6,1-6,7 | 0,15-0,50 |
| Lemak dan minyak | Diproduksi di layanan makanan atau fasilitas persiapan makanan lainnya | 1,3-3,2 | 86,0-93,8 | 22,1-60,0 | 4,2-4,8 | 0,40-1,1 |
| Sampah makanan rumah tangga dan restoran | Bagian makanan yang tidak dapat dimakan (misalnya kulit pisang, serpihan telur) dan makanan yang tidak dimakan seperti <i>waste plate</i> . | 4,0-41,5 | 88,7-95,1 | 11,4-36,4 | 3,3-5,7 | 0,46-0,53 |

2.4 Engineering Design Process (EDP)

Pada model EDP memiliki beberapa tahapan-tahapan yang dapat mengajarkan peserta didik untuk menerapkan pengetahuan secara komperhensif serta memperkuat berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah (Yu et al., 2020).

Tahapan EDP yang digunakan dalam penelitian ini direpresentasikan pada Gambar 4 dan deskripsi sebagai berikut (Abdurrahman et al., 2023).

1. *Ask*
Meminta peserta didik untuk mengidentifikasi masalah nyata sehari-hari mengenai kebutuhan energi terbarukan.
2. *Imagine*
Mengajak peserta didik mencari solusi untuk memecahkan masalah.
3. *Plan*
Memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk memilih solusi yang paling masuk akal, dan membebaskan mereka merencanakan/merancang solusi, termasuk membuat daftar bahan apa yang mereka butuhkan.
4. *Create*
Memberikan peserta didik waktu untuk melaksanakan rencana/desain mereka terkait dengan soal keberlanjutan.
5. *Test*
Memberikan kesempatan kepada peserta didik menguji apa yang telah dibuat dan mengevaluasi kelebihan dan kekurangan solusi/prototipe.
6. *Improve*
Meminta peserta didik untuk melakukan perbaikan, lalu tes ulang solusi/prototype.



Gambar 2. Tahapan EDP (Abdurrahman et al., 2023).

Langkah-langkah model EDP secara umum terdiri dari kegiatan mengidentifikasi masalah, melakukan investigasi, merancang, membuat, menguji, dan memperbaiki (Nuraeni, 2020).

1. Mengidentifikasi

Mengidentifikasi, menemukan dan mengemukakan permasalahan yang harus diselesaikan.

2. Melakukan Investigasi

Melakukan investigasi mengenai penyelesaian yang pernah dijalankan oleh orang lain berikut manfaat serta hambatannya, kemudian membedakan batasan-batasan yang ada, misal bahan yang tersedia, biaya yang diperlukan dan tampilan yang diinginkan. Selanjutnya memilih satu penyelesaian yang dianggap paling baik, penyelesaian dapat berupa hasil inovasi atau suatu prosedur.

3. Merancang

Mendesain dan mengonsep model alat dan bahan yang diperlukan.

4. Membuat

Mengembangkan dan menyusun sesuai model rencana.

5. Menguji

Membuktikan, memeriksa, dan menghimpun informasi untuk menentukan apakah solusi yang dibuat telah menangani masalah dengan baik.

6. Memperbaiki

Mengatur ulang penyelesaian berdasarkan hasil pengujian sehingga hasil inovasi bekerja lebih baik.

2.5 Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)

Pembelajaran STEM membuat peserta didik berpengalaman dalam memecahkan masalah karena peserta didik diberi kebebasan untuk merancang. Peserta didik lebih mudah mengingat dan menguasai teknologi. Menurut (Astuti *et al.*, 2019) jika peserta didik terbiasa mengintegrasikan masalah dengan STEM dapat membantu peserta didik berpikir secara kritis, logis, dan sistematis. Selain itu, melalui pendekatan STEM, proses pembelajaran dapat dirancang untuk

menghadirkan suasana belajar yang mampu meningkatkan pengetahuan, motivasi, kreativitas, dan inovasi baru. Hasil penelitian lainnya menurut (Tristia *et al.*, 2021) menunjukkan bahwa STEM berpotensi menjadikan peserta didik berperan dalam pemecahan masalah, *inventor*, *inovator*, serta memiliki kesadaran tentang manfaat teknologi, dan mampu berpikir logis.

Pembelajaran STEM diterapkan dengan baik dan didesain dalam pembelajaran yang tepat, peserta didik lebih mampu memecahkan masalah dunia nyata (Mu'minah & Aripin, 2019). Model pembelajaran STEM ditingkatkan agar berdampak pada masyarakat untuk siap memiliki industri yang berkualitas tinggi (Bornstein, 2018). Adapun definisi empat disiplin ilmu pendekatan STEM dapat dilihat Tabel 3.

Tabel 3. Definisi Literasi STEM

| Aspek | Definisi Literasi STEM |
|--------------------|---|
| <i>Science</i> | Literasi Ilmiah :kemampuan dalam menggunakan pengetahuan ilmiah dan proses untuk memahami dunia serta alam, dan kemampuan untuk berpartisipasi dalam mengambil keputusan untuk mempengaruhinya. |
| <i>Technology</i> | Literasi Teknologi : Pengetahuan bagaimana menggunakan teknologi baru dikembangkan dan memiliki kemampuan untuk menganalisis bagaimana teknologi baru mempengaruhi individu, masyarakat, bangsa, dan dunia. |
| <i>Engineering</i> | Literasi Desain : Pemahaman tentang bagaimana teknologi, dapat dikembangkan melalui proses rekayasa/desain menggunakan tema pelajaran berbasis proyek dengan cara mengintegrasikan beberapa mata pelajaran berbeda (<i>interdisciplines</i>). |
| <i>Mathematics</i> | Literasi Matematika : Kumpulan dalam menganalisis, dan mengkomunikasikan solusi terkait masalah matematika dalam menerapkan situasi beda. |

Model Pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) STEM menurut Laboy-Rush (2010), adapun langkah-langkah, yaitu.

1. *Reflection*

Membawa peserta didik ke dalam konteks masalah dan memberikan inspirasi kepada peserta didik agar dapat segera mulai menyelidiki atau menginvestigasi suatu masalah.

2. *Research*

Seorang guru memberikan pembelajaran sains, memilih referensi bacaan terkait materi untuk mengumpulkan sumber informasi yang relevan sesuai dengan pembelajaran.

3. *Discovery*

Penemuan yang melibatkan proses research dan informasi yang diketahui dalam penyusunan project dapat membuat peserta didik belajar mandiri dan menentukan apa yang masih belum diketahui, mengembangkan kemampuan peserta didik dalam membangun *habit of mind* dari proses merancang atau mendesain suatu *project*.

4. *Application*

Menguji produk/solusi untuk memecahkan masalah, menguji produk yang telah dibuat dari ketentuan yang ditetapkan sebelumnya, hasil yang diperoleh di evaluasi dan diperbaiki untuk perbaikan langkah sebelumnya.

5. *Communication*

Mempresentasi hasil project yang telah di rancang hal ini mampu menambah keterampilan komunikasi serta kolaborasi agar dapat menerima umpan balik . Berdasarkan paparan di atas, model pembelajaran PjBL-STEM dalam penelitian ini memiliki langkah-langkah, yaitu: *reflection, research, discovery, application, dan communication*. Langkah-langkah model PjBL-STEM tersebut dapat membantu peserta didik dalam menghadapi masalah di kehidupan nyata dan professional (Laboy-Rush, 2010).

2.6 Keterampilan *Creative Problem Solving*

Menurut Treffinger & Isaksen (2005), ada beberapa indikator dari keterampilan berpikir kreatif yang bisa digunakan dalam memecahkan masalah atau *Creative Problem Solving* (CPS), yaitu *fact finding*, *fact interpreting*, *idea finding*, *idea developing*, *solution generating*, dan *solution evaluating* (Treffinger & Isaksen, 2005) seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Indikator *Creative Problem Solving*

| Indikator | Definisi |
|-------------------------------|---|
| 1. <i>Fact Finding</i> | Kemampuan untuk mencari informasi yang relevan dan akurat terkait masalah yang dihadapi. |
| 2. <i>Fact Interpreting</i> | Kemampuan untuk memahami, menganalisis, dan mengevaluasi informasi yang telah dikumpulkan. |
| 3. <i>Idea Finding</i> | Kemampuan untuk menghasilkan berbagai alternatif solusi dan ide-ide kreatif untuk menyelesaikan masalah. |
| 4. <i>Idea Developing</i> | Kemampuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi ide-ide yang telah dihasilkan, serta mengubahnya menjadi solusi yang lebih spesifik dan terukur. |
| 5. <i>Solution Generating</i> | Kemampuan untuk merencanakan tindakan yang tepat dalam mengimplementasikan solusi yang telah dipilih. |
| 6. <i>Solution Evaluating</i> | Kemampuan untuk mengevaluasi efektivitas solusi yang telah dipilih dan mengembangkan strategi untuk memperbaiki solusi jika diperlukan. |

Pada tahap *fact finding*, peserta didik perlu melakukan beberapa hal untuk memperoleh informasi yang relevan dan akurat terkait masalah yang dihadapi (Treffinger & Isaksen, 2005). Pertama, peserta didik perlu mengidentifikasi dan memahami secara jelas masalah yang dihadapi. Kemudian, mereka perlu mencari informasi yang relevan dan akurat terkait masalah tersebut baik dari sumber

primer maupun sumber sekunder. Selanjutnya, peserta didik perlu mengevaluasi kredibilitas informasi yang telah dikumpulkan sehingga dapat memastikan bahwa informasi tersebut dapat dipercaya. Setelah itu, mereka perlu menyusun informasi yang telah dikumpulkan sehingga dapat dipahami dan digunakan dengan efektif dalam tahap selanjutnya. Terakhir, peserta didik perlu mengembangkan pertanyaan yang relevan untuk memperdalam pemahaman terhadap masalah yang dihadapi serta menentukan informasi yang masih dibutuhkan.

Pada tahap *fact interpreting*, peserta didik perlu melakukan beberapa hal untuk memahami informasi yang telah dikumpulkan pada tahap *fact finding* sebelumnya (Treffinger & Isaksen, 2005). Pertama, peserta didik perlu mengorganisir informasi yang telah ditemukan sehingga dapat dimengerti dan digunakan dengan lebih baik. Selanjutnya, peserta didik perlu menganalisis informasi dan mencari hubungan antara informasi yang telah ditemukan. Hal ini akan membantu peserta didik memahami lebih baik hubungan antara berbagai faktor yang terkait dengan masalah yang dihadapi dan membuka kemungkinan untuk menemukan solusi yang lebih kreatif. Selain itu, pada tahap *fact interpreting*, peserta didik juga perlu mengasumsikan suatu kerangka pemikiran yang akan membantu mereka dalam menganalisis dan menginterpretasikan informasi yang telah ditemukan. Dalam hal ini, peserta didik dapat menggunakan konsep atau teori yang telah dipelajari sebelumnya untuk membantu mereka dalam memahami informasi yang telah dikumpulkan.

Pada tahap *Idea Finding*, peserta didik perlu melakukan beberapa hal untuk menghasilkan ide-ide baru terkait dengan masalah yang dihadapi (Treffinger & Isaksen, 2005). Pertama, peserta didik perlu menghasilkan sebanyak mungkin ide terkait dengan masalah yang dihadapi. Dalam hal ini, peserta didik perlu mengeksplorasi berbagai alternatif solusi yang mungkin terkait dengan masalah tersebut. Selanjutnya, peserta didik perlu mengajukan pertanyaan-pertanyaan baru terkait dengan masalah yang dihadapi untuk membantu mereka memperoleh ide-ide baru. Pada tahap ini, peserta didik juga perlu melibatkan kreativitas mereka dalam menghasilkan ide-ide baru. Peserta didik dapat menggunakan teknik

brainstorming atau mind mapping untuk membantu mereka dalam menghasilkan ide-ide baru yang kreatif dan inovatif. Selain itu, pada tahap *Idea Finding*, peserta didik juga perlu mengevaluasi ide-ide yang telah dihasilkan dan menentukan ide-ide mana yang paling berpotensi untuk diimplementasikan. Dalam hal ini, peserta didik dapat menggunakan kriteria evaluasi untuk membantu mereka dalam mengevaluasi dan memilih ide-ide terbaik.

Pada tahap *Idea Developing*, peserta didik perlu melakukan beberapa hal untuk mengembangkan ide-ide yang telah dihasilkan pada tahap *Idea Finding* menjadi solusi yang lebih konkret dan terimplementasi dengan baik (Treffinger & Isaksen, 2005). Pertama, peserta didik perlu mengembangkan ide-ide yang telah dihasilkan pada tahap sebelumnya menjadi solusi yang lebih spesifik dan terukur. Dalam hal ini, peserta didik perlu mengidentifikasi rincian dan detil yang diperlukan untuk mengimplementasikan ide-ide tersebut. Pada tahap ini, peserta didik juga perlu mengidentifikasi berbagai kendala dan hambatan yang mungkin terkait dengan implementasi ide-ide yang telah dikembangkan. Dalam hal ini, peserta didik perlu berpikir secara kritis untuk mencari solusi terbaik untuk mengatasi kendala dan hambatan yang mungkin muncul.

Pada tahap *Solution Generating*, peserta didik perlu mempertimbangkan ide-ide yang telah dihasilkan pada tahap sebelumnya untuk menghasilkan solusi yang paling efektif dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi. Dalam hal ini, peserta didik perlu melakukan beberapa hal untuk menghasilkan solusi yang lebih inovatif dan kreatif. Peserta didik perlu menghasilkan solusi yang berbeda dan beragam untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi. Peserta didik perlu menghasilkan berbagai macam solusi tanpa membatasi diri pada satu ide saja. Dalam hal ini, teknik *brainstorming* dapat membantu peserta didik untuk menghasilkan ide-ide baru.

Pada tahap *Idea Developing*, peserta didik mencoba untuk memperkaya dan memperdalam ide-ide yang telah dihasilkan pada tahap sebelumnya (Treffinger &

Isaksen, 2005). Pada tahap ini, peserta didik berusaha untuk mengembangkan ide-ide tersebut menjadi lebih konkrit dan terimplementasi dengan baik. Peserta didik melakukan analisis mendalam terhadap setiap ide yang telah dihasilkan dan mempertimbangkan berbagai aspek yang mungkin mempengaruhi ide tersebut, seperti biaya, waktu, dan sumber daya yang tersedia. Selain itu, peserta didik juga mencoba untuk menemukan cara-cara baru untuk memanfaatkan ide-ide tersebut agar lebih efektif dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi.

Pada tahap *Solution Generating*, peserta didik fokus pada menghasilkan ide-ide baru yang dapat membantu menyelesaikan masalah yang dihadapi (Treffinger & Isaksen, 2005). Pada tahap ini, peserta didik mempertimbangkan berbagai macam solusi tanpa membatasi diri pada satu ide saja. Peserta didik menggunakan teknik brainstorming untuk menghasilkan ide-ide baru dan mengevaluasi setiap solusi yang dihasilkan untuk menentukan solusi terbaik. Dengan kata lain, perbedaan utama antara tahap *Idea Developing* dan *Solution Generating* adalah pada fokus dan pendekatan yang digunakan oleh peserta didik dalam menghasilkan ide-ide baru dan mengembangkan ide-ide yang telah dihasilkan. Pada tahap *Solution Generating*, peserta didik fokus pada menghasilkan ide-ide baru, sedangkan pada tahap *Idea Developing*, peserta didik fokus pada mengembangkan ide-ide yang telah dihasilkan. Namun, keduanya memiliki peran yang penting dalam proses *creative problem solving* dan saling terkait satu sama lain.

Tahap *solution evaluating* adalah tahap di mana peserta didik mengevaluasi ide-ide dan solusi yang telah dihasilkan pada tahap sebelumnya dan memilih solusi terbaik yang dapat membantu menyelesaikan masalah yang dihadapi (Treffinger & Isaksen, 2005). Pada tahap ini, peserta didik mencoba untuk menilai setiap solusi yang dihasilkan berdasarkan berbagai kriteria, seperti efektivitas, efisiensi, kelayakan, dan dampaknya terhadap lingkungan dan masyarakat sekitar. Untuk melakukan evaluasi solusi, peserta didik dapat menggunakan berbagai teknik, seperti *SWOT analysis*, *decision matrix*, dan *cost-benefit analysis*. Peserta didik juga dapat melakukan simulasi atau *prototype* solusi yang telah dipilih untuk menguji keefektifan dan keamanannya. Hal yang penting diperhatikan pada tahap

Solution Evaluating adalah peserta didik harus mempertimbangkan secara kritis setiap solusi yang dihasilkan (Treffinger & Isaksen, 2005). Peserta didik harus memastikan bahwa solusi yang dipilih adalah solusi yang dapat diterapkan dan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi yang ada.

2.7 Literasi dan Numerasi

Literasi numerasi adalah pengetahuan dan kecakapan untuk menggunakan berbagai macam angka dan simbol-simbol yang terkait dengan matematika dasar untuk memecahkan masalah praktis dalam berbagai macam konteks kehidupan sehari-hari dan menganalisis informasi yang ditampilkan dalam berbagai bentuk (grafik, tabel, bagan, dsb.) lalu menggunakan interpretasi hasil analisis tersebut untuk memprediksi dan mengambil keputusan. Kemampuan ini ditunjukkan dengan kenyamanan terhadap bilangan dan cakap menggunakan keterampilan matematika secara praktis untuk memenuhi tuntutan kehidupan. Kemampuan ini juga merujuk pada apresiasi dan pemahaman informasi yang dinyatakan secara matematis, misalnya grafik, bagan, dan tabel (Tim GLN, 2019).

Indikator literasi numerasi (Tim GLN, 2019) yakni:

1. Mengaplikasikan berbagai jenis simbol dan angka
2. Menganalisa dasar guna menyelesaikan permasalahan kehidupan sehari-hari
3. Menafsirkan hasil analisa guna membuat prediksi.

Penilaian literasi numerasi dilakukan dengan mengevaluasi kapasitas peserta didik dalam mengidentifikasi permasalahan serta merumuskan solusinya. Pengukuran literasi numerasi dilaksanakan dalam situasi-situasi nyata, di mana permasalahan yang dihadapi mencerminkan kondisi sebenarnya dalam konteks umum.

Meskipun seorang peserta didik mampu mengaplikasikan pengetahuannya dalam menyelesaikan suatu permasalahan, hal tersebut tidak menjamin bahwa dia akan mampu mengaplikasikannya dengan sama baik dalam situasi yang berbeda. Oleh karena itu, poin penting dalam penilaian literasi numerasi adalah sejauh mana peserta didik dapat menginterpretasikan dan mengaplikasikan pengetahuan matematika dalam berbagai konteks permasalahan (Rakhmawati *et al.*, 2022).

2.8 Penelitian Relevan

Tabel 5. Penelitian Relevan

| No. | Peneliti | Judul | Hasil Penelitian | Persamaan | Perbedaan |
|-----|----------------------------|--|---|---|---|
| 1. | (Abdurrahman et al., 2023) | <i>Impacts of Integrating Engineering Design Process Into STEM Makerspace on Renewable Energy Unit To Foster Students' System Thinking Skills.</i> | Penerapan Pembelajaran STEM dengan Pendekatan EDP untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Sistem Peserta Didik. | 1. Penerapan Pembelajaran STEM dengan Pendekatan EDP. 2. Topik Pembelajaran Energi Terbarukan. | Meningkatkan Kemampuan Berpikir Sistem Peserta Didik. |
| 2. | (Syukri et al., 2023) | <i>Development of Physics Worksheet based on STEM integrating Engineering Design Process (EDP) through Guided Inquiry Model to Improve Students' Critical Thinking</i> | Lembar Kerja berbasis STEM-EDP untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis. | Penerapan Pembelajaran STEM dengan Pendekatan EDP. | 2.1.1 Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis. 2.1.2 Topik Pembelajaran Usaha dan Energi. |
| 3. | (Ratna Sari, 2021) | <i>The Development of Scientific Teaching Materials Based On Stem-Pjbl As A Chance To Improve Student's Creative Thinking Ability On The Topic Of Analyzing Of Light and Optics.</i> | Perangkat Pembelajaran Menggunakan Model Pembelajaran PJBL berbasis STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Peserta Didik. | Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika Menggunakan Model Pembelajaran PJBL berbasis STEM. | 1. Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif 2. Topik Pembelajaran Cahaya dan Optik. |

| | | | | | |
|----|--------------------------|--|--|---|--|
| 4. | (Setyowati et al., 2022) | <i>The Development of Science Teaching Materials Based on the PjBL-STEM Model and ESD Approach on Environmental Pollution Materials.</i> | Perangkat Pembelajaran Fisika Menggunakan Model Pembelajaran PJBL berbasis STEM. Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Kesadaran Keberlanjutan Peserta Didik. | Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika Menggunakan Model Pembelajaran PJBL berbasis STEM. | 1. Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Kesadaran Keberlanjutan. 2. Topik Pembelajaran Pencemaran Lingkungan. |
| 3. | (Waluyo & Wahyuni, 2021) | <i>Development of STEM-Based Physics Teaching Materials Integrated 21st Century Skills (4C) and Characters</i> | Perangkat pembelajaran fisika berbasis STEM untuk Meningkatkan Keterampilan 4C dan Karakter Peserta Didik. | Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika berbasis STEM. | 1. Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis pada topik Pembelajaran Fluida. 2. Menggunakan <i>software Corel Draw X7</i> untuk membuat desain grafis. |

Berdasarkan penelitian relevan pada Tabel 5, maka kebaruan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Produk yang akan dikembangkan dari penelitian berupa program pembelajaran menggunakan dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM untuk menstimulus Keterampilan *Creative Problem Solving* dan Literasi Numerasi Peserta Didik pada topik Energi Terbarukan.
2. Program pembelajaran terdiri dari modul ajar, *e-LKPD*, dan *e-Handout* yang akan dibuat dengan bantuan *Platform Canva*. *Platform* ini menawarkan berbagai fitur seperti teks, ikon, foto, template, ilustrasi, dan lain-lain yang akan meningkatkan daya tarik dan aksesibilitas LKPD dan *handout* secara *online* melalui perangkat laptop atau ponsel.

2.9 Kerangka Pemikiran

Pengembangan program pembelajaran meliputi serangkaian langkah penelitian yang dilaksanakan oleh peneliti untuk menciptakan suatu produk. Metode penelitian yang diterapkan mengadaptasi prosedur pengembangan ADDIE yang dikembangkan oleh Branch (2009) yang terdiri dari lima langkah, yaitu (1) *Analyze*, (2) *Design*, (3) *Development*, (4) *Implementation*, dan (5) *Evaluation*. Pengembangan program pembelajaran dimulai dengan tahap analisis, yang meliputi analisis kurikulum, analisis kebutuhan guru, analisis kebutuhan peserta didik SMA, analisis kebutuhan guru fisika di Provinsi Lampung, dan studi literatur terhadap program pembelajaran yang akan dikembangkan.

Program pembelajaran menggunakan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM yang diterapkan melalui tahapan pembelajaran yang terdapat pada modul ajar yaitu *reflection*, *research*, *discovery*, *application*, dan *communication*. Tahap *reflection* dimulai oleh guru dengan meminta beberapa peserta didik untuk menyampaikan pendapat dan pemahaman awal mereka tentang energi terbarukan. Hal ini bertujuan untuk memicu minat dan rasa ingin tahu peserta didik, serta memberikan motivasi bagi mereka untuk mengeksplorasi lebih lanjut. Pada tahap ini, peserta didik diharapkan mampu mengemukakan pendapat mereka berdasarkan informasi yang mereka ketahui, dan menghubungkannya dengan konsep fisika yang relevan. Tahap *reflection* menstimulus keterampilan *creative problem solving* pada indikator *fact finding* dan *fact interpreting* serta keterampilan literasi numerasi pada indikator menfasirkan analisa guna membuat prediksi.

Tahapan selanjutnya adalah *research*, guru mengorganisir peserta didik ke dalam beberapa kelompok, membagikan *e-handout* dan *e-LKPD* serta memutar video tentang energi terbarukan. Pada tahap ini, peserta didik mulai mempelajari energi terbarukan menggunakan *e-LKPD* dan *e-handout*, dan melakukan pengumpulan informasi dan data yang relevan. Peserta didik dapat melakukan riset untuk mengumpulkan informasi dari buku, artikel ilmiah, serta sumber informasi

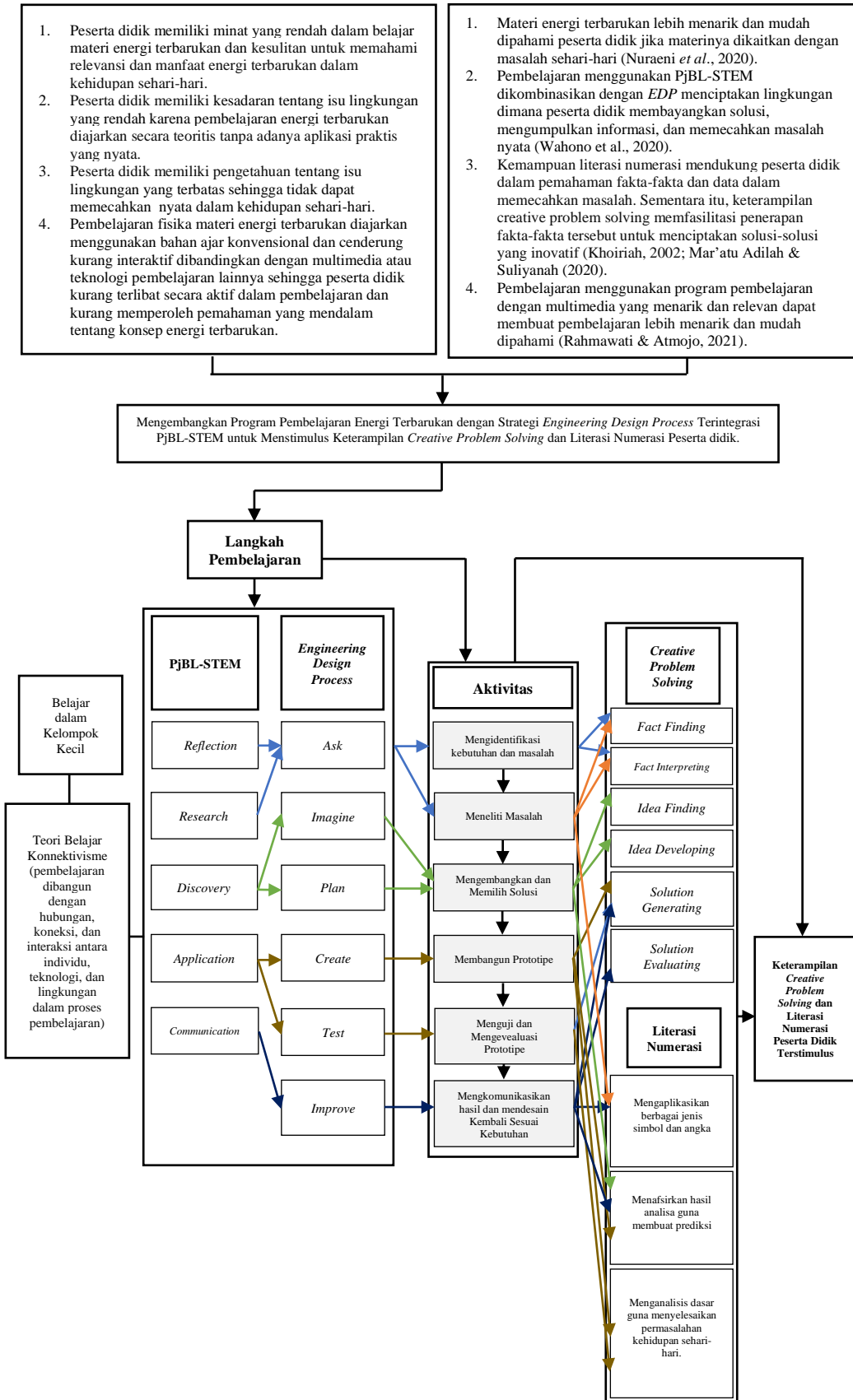
lainnya melalui internet. Tahap *research* menstimulus keterampilan *creative problem solving* pada indikator *fact finding* dan *fact interpreting* serta keterampilan literasi numerasi pada indikator mengaplikasikan berbagai simbol dan angka serta menafsirkan hasil analisa guna membuat prediksi.

Pada tahap *discovery*, peserta didik mengembangkan keterampilan penemuan dan penalaran. Hal ini dapat menstimulus keterampilan *creative problem solving* dan literasi numerasi peserta didik karena keterampilan-keterampilan ini saling berkaitan bagi peserta didik. Kreativitas dalam penyelesaian masalah memungkinkan peserta didik untuk mempertimbangkan masalah dari berbagai sudut pandang dan menciptakan solusi-solusi baru yang inovatif. Selain itu, literasi numerasi memungkinkan peserta didik untuk melakukan analisis data secara teliti, menguji hipotesis, dan menentukan solusi terbaik dalam pengembangan produk tersebut. Pada tahap ini peserta didik secara aktif terlibat dalam eksplorasi dan penyelidikan melalui proyek yang telah direncanakan. Tahap *discovery* mensimulus keterampilan *creative problem solving* pada indikator *idea finding* dan *idea developing* serta keterampilan literasi numerasi pada indikator menafsirkan hasil analisa guna membuat prediksi.

Pada tahap *application*, setelah peserta didik melakukan implementasi proyek, selanjutnya menguji produk energi terbarukan yang telah dibuat. Data dan informasi yang relevan yang diperoleh dari pengujian dapat membantu memperbaiki solusi yang dipilih dan memungkinkan peserta didik memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang energi terbarukan. Tahap *application* menstimulus keterampilan *creative problem solving* pada indikator *solution generating* dan *solution evaluating* serta keterampilan literasi numerasi pada indikator menganalisa dasar guna menyelesaikan permasalahan kehidupan sehari-hari.

Tahap terakhir adalah *communication*, tahapan communication dalam PJBL-STEM memberi peserta didik kesempatan untuk melakukan presentasi hasil dan

menyampaikan informasi terkait produk energi terbarukan yang telah dibuat. Tahap *communication* juga melibatkan pemberian umpan balik dan evaluasi antara sesama peserta didik. Selain itu, guru memberikan umpan balik terhadap kinerja peserta didik, membimbing peserta didik untuk meningkatkan kualitas produk serta mengembangkan keterampilan komunikasi. Tahap *communication* menstimulus keterampilan *creative problem solving* pada indikator *solution evaluating* serta keterampilan literasi numerasi pada indikator menganalisa dasar guna menyelesaikan permasalahan kehidupan sehari-hari.



Gambar 3. Bagan Kerangka Pemikiran

III. METODE PENELITIAN

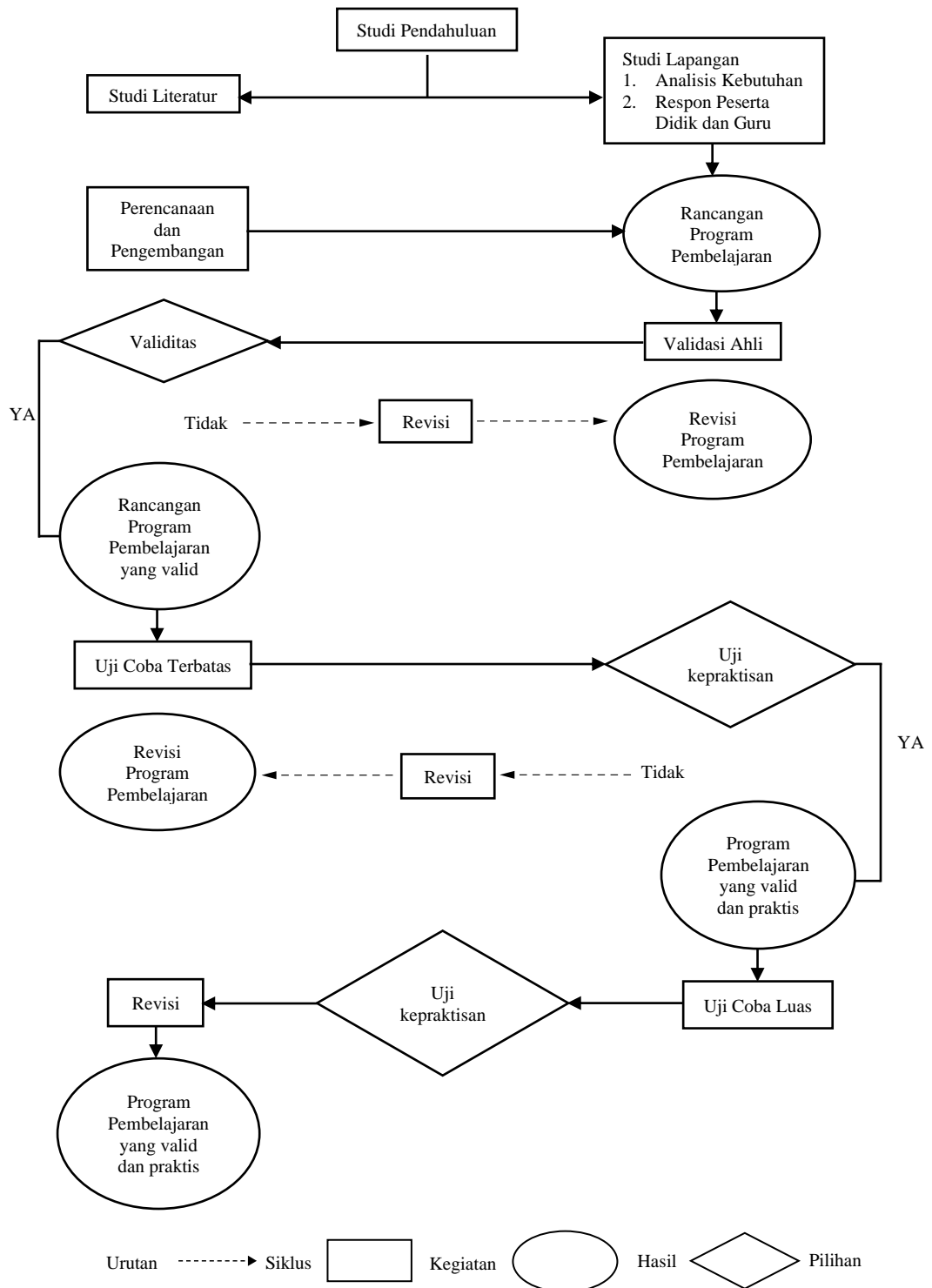
3.1. Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan pada penelitian dan pengembangan ini adalah *Research and Development (R&D)*. Desain penelitian ini berpedoman model pengembangan instruksional ADDIE yang dikembangkan oleh Branch (2009) yang terdiri dari lima langkah, yaitu (1) *Analyze*, (2) *Design*, (3) *Development*, (4) *Implementation*, dan (5) *Evaluation*. Model tahapan pengembangan ini dipilih karena langkah-langkahnya sesuai dengan rancangan penelitian untuk menghasilkan program pembelajaran yang bermanfaat dalam melatih keterampilan *creative problem solving* dan literasi numerasi.

3.2. Prosedur Pengembangan

Prosedur pengembangan produk meliputi serangkaian langkah penelitian yang dilaksanakan oleh peneliti untuk menciptakan suatu produk. Metode penelitian yang diterapkan mengadaptasi prosedur pengembangan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation) yang dikembangkan oleh Branch (2009) yang terdiri dari lima langkah, yaitu (1) *Analyze*, (2) *Design*, (3) *Development*, (4) *Implementation*, dan (5) *Evaluation*. Pengembangan produk dimulai dengan tahap analisis, yang meliputi analisis kurikulum, analisis kebutuhan guru, analisis kebutuhan peserta didik SMA, analisis kebutuhan guru fisika di Provinsi Lampung, dan studi literatur terhadap program pembelajaran yang akan dikembangkan. Tahap selanjutnya adalah tahap perancangan (design), di mana peneliti merancang kerangka umum program pembelajaran mengenai

energi terbarukan, termasuk urutan materi, tujuan pembelajaran yang jelas dan terukur, serta metode pembelajaran yang sesuai dengan tujuan tersebut. Proses berlanjut ke tahap pengembangan (*development*), di mana rancangan program pembelajaran dibuat dan kemudian divalidasi oleh ahli untuk memastikan kevalidannya. Program pembelajaran yang telah divalidasi kemudian diuji secara terbatas dan luas kepada peserta didik. Tahap terakhir adalah *evaluation*, di mana peneliti melakukan revisi terhadap program pembelajaran berdasarkan masukan dari validator dan hasil evaluasi efektivitas program secara menyeluruh seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Pengembangan Program Pembelajaran

3.2.1. Analyze (Analisis)

Analisis kebutuhan dilakukan sebelum peneliti mengembangkan produk. Analisis kebutuhan dilakukan dengan memberikan angket kepada guru dan peserta didik serta didukung melalui kajian pustaka. Tujuan dari analisis kebutuhan yang dilakukan untuk mengetahui kebutuhan peserta didik dan guru apakah produk yang akan di kembangkan memang perlu untuk dikembangkan. Analisis kebutuhan juga dilakukan agar peneliti tahu apakah kondisi yang ada memungkinkan produk untuk digunakan secara efektif dan efisien.

Tahap analisis mencakup dua kegiatan yang meliputi:

1. Analisis Masalah

Pada tahap ini dilakukan investigasi terhadap beberapa masalah yang muncul dalam kegiatan pembelajaran di lapangan dan mengidentifikasi solusi yang mungkin dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut.

2. Analisis Komponen Pembelajaran

Pada tahap ini mencakup analisis tujuan pembelajaran/kompetensi, analisis situasi pembelajaran, analisis peserta didik, dan analisis isi program pembelajaran. Selanjutnya, dilakukan analisis kebutuhan berupa wawancara dan pengisian angket kepada peserta didik dan guru di beberapa sekolah di Lampung. Analisis kebutuhan dilakukan untuk menggali informasi tentang pembelajaran fisika materi energi terbarukan yang dilaksanakan yang meliputi model/metode pembelajaran yang digunakan, penggunaan program pembelajaran dalam pembelajaran, keterampilan yang dilatihkan, pelaksanaan kegiatan percobaan energi terbarukan, sumber energi terbarukan yang tersedia di daerah sekitar sekolah masing-masing, serta penilaian kemampuan berpikir kreatif dan kemampuan literasi numerasi peserta didik.

3.2.2. Design

Hasil dari analisis kebutuhan kemudian dijadikan acuan untuk menyusun rancangan awal program pembelajaran energi terbarukan melalui penerapan model *ADDIE*. Desain program pembelajaran energi terbarukan berupa unit

pembelajaran yang meliputi e-LKPD, *e-handout* dan modul ajar yang akan dibuat dengan menyesuaikan kurikulum sekolah tersebut.

3.2.3. Develop (Pengembangan)

Pada tahap ini, peneliti melakukan hal-hal berikut.

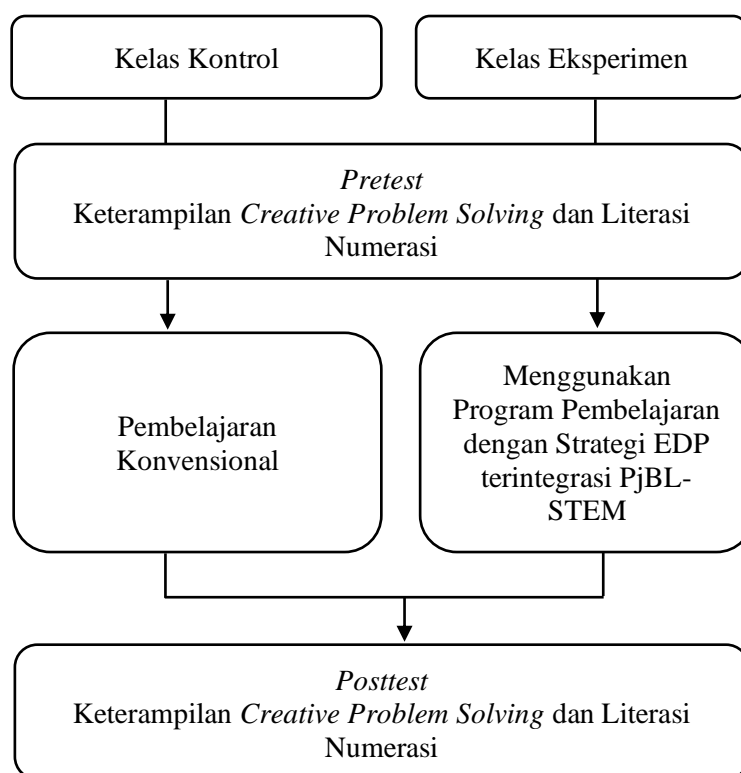
1. Mengembangkan program pembelajaran sesuai dengan rancangan awal yang telah dibuat pada tahap sebelumnya. Peneliti menyusun modul ajar, mengumpulkan konten materi, berupa gambar, ikon, dan video untuk disusun ke dalam *e-LKPD* dan *e-handout* yang selanjutnya disusun dengan menggunakan aplikasi *Canva*.
2. Melakukan uji ahli pada Program pembelajaran yang telah berhasil dibuat. Uji ahli yang dilakukan terbagi ke dalam dua bagian, yakni uji validitas dan uji kepraktisan. Uji ahli dilakukan oleh 1 dosen magister pendidikan fisika universitas lampung, 1 orang dosen pendidikan fisika universitas lampung, dan 1 orang guru fisika dengan kriteria telah menyelesaikan pendidikan S2.

Beberapa aspek validitas pada program pembelajaran :

1. Validasi Konstruk
Validasi konstruk dilakukan dengan menunjuk ahli sesuai dengan kriteria validator. Komponen yang divalidasi oleh ahli konstruk adalah identitas modul ajar, komponen utama modul ajar, dan komponen pelengkap modul ajar.
2. Validasi Isi
Validasi isi dilakukan dengan menunjuk ahli sesuai dengan kriteria validator. Aspek yang divalidasi adalah uraian/langkah/paparan, sistem sosial, prinsip reaksi, sistem pendukung, dampak instruksional dan pengiring modul ajar. Selain itu, pada *e-LKPD* dan *e-handout* aspek yang divalidasi adalah aspek kelayakan isi dan aspek kelayakan bahasa.
3. Validasi Media dan Desain
Validasi isi dilakukan dengan menunjuk ahli sesuai dengan kriteria validator. Aspek yang divalidasi adalah media dan desain bagian *cover* dan isi.

3.2.4 Implement (Implementasi)

Tahap implementasi dilakukan dengan uji coba terhadap kelompok eksperimen menggunakan program pembelajaran energi terbarukan dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM dan kelompok kontrol menggunakan pembelajaran konvensional. Uji coba lapangan dilakukan menggunakan desain penelitian kuasi eksperimen, yaitu *nonequivalent control group design*. Desain penelitian yang digunakan yaitu quasi experimental dengan desain penelitian *nonequivalent control group design* (Sugiyono, 2019) yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Alur Uji Efektivitas

3.2.5 Evaluation

Tahap evaluasi bertujuan untuk menilai efektivitas program pembelajaran. Evaluasi terbagi menjadi dua jenis: evaluasi formatif dan evaluasi sumatif. Evaluasi formatif digunakan untuk memperbaiki produk dengan mempertimbangkan pendapat ahli, sementara evaluasi sumatif mengevaluasi

pemahaman peserta didik terhadap program setelah diujicobakan.

3.3 Instrumen Penelitian

Data dikumpulkan melalui penggunaan alat penelitian yang terdiri dari instrumen-instrumen berikut.

3. Angket analisis kebutuhan

Angket analisis kebutuhan ini dimaksudkan untuk mengetahui kebutuhan pengembangan program pembelajaran dengan pendekatan EDP yang terintegrasi dengan PjBL-STEM bagi guru dan peserta didik. Angket disebarakan melalui *Google Form* kepada guru dan peserta didik di tingkat SMA.

4. Skala

Instrumen penelitian ini mencakup dua skala, yaitu skala validitas dan kepraktisan. Skala validitas akan dievaluasi oleh 1 dosen magister pendidikan fisika, satu 1 dosen pendidikan fisika, dan satu guru fisika yang telah menyelesaikan program magister. Penilaian menggunakan skala ini dimaksudkan untuk menilai sejauh mana produk ini layak digunakan oleh guru sebagai materi pembelajaran. Penskoran pada skala validasi ini menggunakan skala Likert yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011: 131) yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Skala *Likert* pada Skala Validasi

| Pilihan Jawaban | Skor |
|-----------------|------|
| Sangat Valid | 4 |
| Valid | 3 |
| Kurang Valid | 2 |
| Tidak Valid | 1 |

Skala kepraktisan mencakup uji kemenarikan dan keterbacaan diisi oleh peserta didik kelas eksperimen yang telah mengikuti pembelajaran menggunakan program pembelajaran yang telah dikembangkan. Penilaian pada

skala ini menggunakan skala Likert yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011: 131), yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Skala *Likert* pada Skala Kepraktisan

| Pilihan Jawaban | Skor |
|-----------------|------|
| Sangat Praktis | 4 |
| Praktis | 3 |
| Kurang Praktis | 2 |
| Tidak Praktis | 1 |

5. Instrumen *Pretest* dan *Posttest*

Instrumen *pretest* dan *posttest* yang disusun adalah tes berbentuk esai yang terdiri dari 7 nomor, yang digunakan untuk mengukur keterampilan *creative problem solving* dan literasi numerasi peserta didik dalam topik energi terbarukan sebelum dan setelah proses pembelajaran. Instrumen ini diberikan kepada peserta didik kelas X pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.

3.3. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data tahap pengembangan berupa analisis data validasi rancangan produk dan analisis data uji coba terbatas.

3.3.1. Data Validitas

Data validitas diperoleh dari angket uji ahli materi dan konstruk serta uji ahli media dan desain yang diisi oleh validator, kemudian dianalisis menggunakan analisis persentase (Sudjana, 2005).

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

Hasil presentase yang diperoleh dikonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari (Arikunto, 2011) seperti yang terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Konversi Skor Penilaian Kevalidan Produk

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

Berdasarkan Tabel 8, peneliti memberi batasan bahwa produk yang dikembangkan terkategori *valid* jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 60% dengan kriteria validitas sedang.

3.3.2. Data Kepraktisan

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

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

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

Tabel 9. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan Produk

| Persentase | Kriteria |
|-------------------|---|
| 0,00%-20% | kepraktisan sangat rendah/ tidak praktis |
| 20,1%-40% | kepraktisan rendah/ kurang praktis |
| 40,1%-60% | kepraktisan sedang/ cukup praktis |
| 60,1%-80% | kepraktisan tinggi/ praktis |
| 80,1%-100% | kepraktisan sangat tinggi/ sangat praktis |

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

3.3.3 Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Tes

Uji coba instrumen dilakukan untuk mengetahui dan mengukur apakah instrumen yang digunakan telah memenuhi syarat dan layak digunakan sebagai pengumpul data. Instrumen yang diuji coba adalah instrumen untuk menilai keterampilan *Creative Problem Solving* dan literasi numerasi yang akan dipenuhi.

1. Uji Validitas

Validitas adalah suatu ukuran yang menunjukkan tingkat kevalidan atau kesahihan suatu instrumen tes (Arikunto, 2011). Sebuah instrumen dikatakan valid apabila mampu mengukur indikator yang seharusnya diukur. Uji validitas dilakukan dengan menggunakan rumus *Product Moment Pearson*. Analisis validitas produk dilakukan dengan menggunakan *software SPSS Statistics 25*. Penafsiran koefisien korelasi untuk uji validitas, ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Klasifikasi Koefisien Korelasi Uji Validitas

| Koefisien Korelasi | Interpretasi |
|------------------------|--|
| $0,90 < r_{xy} < 1,00$ | Korelasi sangat tinggi (sangat valid) |
| $0,70 < r_{xy} < 0,90$ | Korelasi tinggi (valid) |
| $0,40 < r_{xy} < 0,70$ | Korelasi sedang (cukup valid) |
| $0,20 < r_{xy} < 0,40$ | Korelasi rendah (kurang valid) |
| $0,00 < r_{xy} < 0,20$ | Korelasi sangat rendah (sangat kurang valid) |
| $r_{xy} \leq 0,00$ | Tidak berkorelasi (tidak valid) |

2. Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kekonsistenan instrumen penelitian yang digunakan sebagai alat pengumpul data. Sebuah instrumen disebut reliabel jika instrumen tersebut mampu memberikan hasil yang dapat dipercaya atau konsisten. Instrumen tes yang diuji reliabilitasnya adalah tes pemahaman konsep dan tes kemampuan pemecahan masalah. Uji reliabilitas dilakukan dengan menggunakan rumus *Alpha Cronbach*. Analisis reliabilitas produk dilakukan dengan menggunakan *software SPSS Statistics 21* yang kemudian diinterpretasikan dengan menggunakan derajat reliabilitas alat evaluasi menurut Arikunto (2011) yang dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Klasifikasi Koefisien Reliabilitas

| Koefisien Reliabilitas | Interpretasi |
|-------------------------------|------------------------------------|
| $0,80 < r_{11} < 1,00$ | Derajat reliabilitas sangat tinggi |
| $0,60 < r_{11} < 0,80$ | Derajat reliabilitas tinggi |
| $0,40 < r_{11} < 0,60$ | Derajat reliabilitas sedang |
| $0,20 < r_{11} < 0,40$ | Derajat reliabilitas rendah |
| $r_{11} \leq 0,00$ | Derajat reliabilitas sangat rendah |

Kriteria instrumen tes memiliki derajat reliabilitas yang baik, jika tingkat ketercapaian di bawah kategori sedang, maka soal perlu direvisi.

3.3.4 Data Efektivitas

1. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui distribusi data normal atau tidak normal. Data yang diuji berupa nilai hasil *pretest* dan *posttest*. Uji normalitas digunakan dengan uji statistik parametrik dengan bantuan program SPSS. Dasar pengambilan keputusan uji normalitas dapat dilihat dari nilai *sig.* yang terdapat pada Tabel *One Sample Kolmogorov-Smirnov Test*. Kriteria uji yang digunakan yaitu (1) jika nilai *sig.* $> 0,05$ maka H_0 diterima yang berarti data berdistribusi normal; (2) jika nilai *sig.* $< 0,05$ maka H_0 ditolak yang berarti data terdistribusi tidak normal (Arikunto, 2011).

2. Uji Beda Rata-rata

Uji hipotesis merupakan pengambilan keputusan yang didasarkan dari analisis data, keputusan dari uji hipotesis selalu dibuat berdasarkan pengujian hipotesis nol untuk memutuskan apakah hipotesis yang di uji diterima atau di. Hipotesis diujikan dengan *Independent Sample T-test* sebagai berikut.

a. Rumusan Hipotesis

H_0 = Tidak terdapat perbedaan rata-rata keterampilan *creative problem solving* dan literasi numerasi peserta didik dengan menggunakan program pembelajaran dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM.

H_1 = Tidak terdapat perbedaan rata-rata keterampilan *creative problem solving* dan literasi numerasi peserta didik dengan menggunakan program pembelajaran dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM.

Pengambilan Keputusan

H_0 ditolak jika $sig < 0,05$ dan H_0 diterima jika $\geq 0,05$. Pada penelitian ini untuk mengetahui ada atau tidak adanya peningkatan kemampuan berpikir sistem peserta didik antara sebelum dan sesudah diberi perlakuan secara signifikan maka dilakukan uji *Independent Sample T-test*.

(Arikunto, 2011).

3. Uji ANCOVA dan *Effect Size*

Uji dampak ANCOVA dilakukan menggunakan Software SPSS untuk meninjau pengaruh perlakuan terhadap variabel dependen dengan mengontrol variabel lain (Field, 2009).

Hipotesis yang digunakan dalam ANCOVA adalah sebagai berikut.

a. Keterampilan *Creative Problem Solving*

H_0 : Tidak ada perbedaan rata-rata skor *posttest* keterampilan *creative problem solving* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.

H_1 : Terdapat perbedaan rata-rata skor *posttest* keterampilan *creative problem solving* pada 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

b. Keterampilan Literasi Numerasi

H_0 : Tidak ada perbedaan rata-rata skor *posttest* keterampilan literasi numerasi pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.

H_1 : Terdapat perbedaan rata-rata skor *posttest* keterampilan literasi numerasi pada 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 implementasi program pembelajaran energi terbarukan dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM. Nilai *Effect size* yang diperoleh, kemudian diinterpretasikan dengan kategori menurut Hake (1999) pada Tabel 12.

Tabel 12. Kriteria Nilai *Effect Size*

| Nilai <i>Effect Size</i> | Kategori |
|---------------------------------|-----------------|
| $0 < d < 0,2$ | Efek Kecil |
| $0,2 < d < 0,8$ | Efek Sedang |
| $d > 0,8$ | Efek Besar |

4. *N-Gain*

Skor peningkatan yang ternormalisasi (*N-gain*) dihitung untuk setiap indikator keterampilan *creative problem solving* dan literasi numerasi. Langkah ini bertujuan untuk menilai seberapa besar peningkatan yang dicapai pada masing-masing indikator tersebut, sehingga peneliti dapat mengetahui hubungan antara penerapan program pembelajaran energi terbarukan yang telah dikembangkan dengan peningkatan keterampilan *creative problem solving* dan literasi numerasi peserta didik. *N-gain* akan dihitung menggunakan rumus berikut.

$$N - Gain = \frac{Skor_{postest} - Skor_{pretest}}{Skor_{maksimal} - Skor_{pretest}}$$

Hasil *N-Gain* tersebut kemudian diinterpretasikan dengan kategori pada Tabel 13.

Tabel 13. Kategori Nilai *N-Gain*

| Nilai <i>N-Gain</i> | Kategori |
|----------------------------|-----------------|
| $0 < 0,3$ | Rendah |
| $0,3 - 0,7$ | Sedang |
| $> 0,7$ | Tinggi |

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan bahwa,

1. Kevalidan program pembelajaran energi terbarukan dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM terkategori sangat valid, sehingga dapat digunakan pada pembelajaran fisika SMA Kurikulum Merdeka, Fase E Kelas X, pada Topik Energi Terbarukan. Program pembelajaran energi terbarukan dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM dinyatakan valid secara isi, konstruk, bahasa, media dan desain berdasarkan penilaian ahli. Validitas program pembelajaran terdiri dari modul ajar memperoleh bobot persentase sebesar 93,50%, *e*-LKPD memperoleh bobot persentase sebesar 91,50%, dan *e-handout* memperoleh bobot persentase sebesar 90,40%, sehingga diperoleh rata-rata bobot persentase kevalidan program pembelajaran sebesar 91,80% dengan kriteria sangat valid. Kriteria kevalidan ini diperoleh karena isi/materi, tujuan pembelajaran dan capaian pembelajaran telah sesuai dengan kurikulum merdeka, serta penggunaan bahasa dan media yang termuat dalam program pembelajaran memfasilitasi kebutuhan peserta didik dalam pembelajaran. Kriteria kevalidan ini menunjukkan bahwa program pembelajaran energi terbarukan dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM dapat menstimulus keterampilan *creative problem solving* dan literasi numerasi peserta didik.
2. Kepraktisan program pembelajaran energi terbarukan dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM terkategori sangat praktis, sehingga dapat digunakan pada pembelajaran fisika SMA Kurikulum Merdeka, Fase E Kelas X, pada Topik Energi Terbarukan. Hasil kepraktisan produk menunjukkan bobot

persentase 94.17% dengan kriteria sangat praktis. Kriteria kepraktisan ini diperoleh karena kegiatan yang termuat dalam program pembelajaran merupakan kegiatan yang memotivasi peserta didik untuk memahami konsep-konsep dan memecahkan masalah dengan berliterasi numerasi secara efektif melalui kegiatan proyek. Hal ini nampak dari antusias peserta didik yang tertarik saat belajar menggunakan *e-LKPD* dan *e-handout*, sehingga memotivasi peserta didik untuk terlibat aktif dalam pembelajaran.

3. Efektivitas program pembelajaran energi terbarukan dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM terkategori sedang berdasarkan hasil *N-Gain* dan *Effect Size*, program pembelajaran energi terbarukan dengan strategi EDP terintegrasi PjBL-STEM dinyatakan dapat menstimulus keterampilan *creative problem solving* dengan dampak pada peningkatan *creative problem solving* sebesar 55,8% dan dampak pada peningkatan literasi numerasi sebesar 58,6%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, peneliti menyarankan kepada guru Fisika untuk menerapkan program pembelajaran dengan menggunakan strategi EDP yang terintegrasi dengan PjBL-STEM. Tujuannya adalah untuk menstimulasi keterampilan *creative problem solving* dan literasi numerasi pada peserta didik. Program pembelajaran tersebut dianggap relevan dengan era digital saat ini dan sesuai dengan karakteristik peserta didik yang terbiasa menggunakan platform digital, karena diterapkan dengan pendekatan saintifik yang berpusat pada peserta didik dan didukung oleh teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, A., Maulina, H., Nurulsari, N., Sukamto, I., Umam, A. N., & Mulyana, K. M. (2023). Impacts of integrating engineering design process into STEM makerspace on renewable energy unit to foster students' system thinking skills. *Heliyon*, e15100.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15100>
- Adams, D., & Hamm, M. (2020). *Shaping The Future With STEM Instruction*. Rowman & Littefield.
- Adnan, A. I., Ong, M. Y., Nomanbhay, S., Chew, K. W., & Show, P. L. (2019). Technologies for biogas upgrading to biomethane: A review. In *Bioengineering* (Vol. 6, Issue 4). MDPI AG.
<https://doi.org/10.3390/bioengineering6040092>
- Almarzooq, Lopes, & Kochar. (2020). Virtual Learning During the COVID-19 Pandemic: A Disruptive Technology in Graduate Medical Education. *Journal of the American College of Cardiology*, 2365–2368.
- Anggraena, Y., Felicia, N., Ginanto, E. D., Pratiwi, I., Utama, B., Alhapip, L., & Widiaswati, D. (2021). *Kurikulum untuk Pemulihan Pembelajaran*. Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan.
- Arikunto, S. (2011). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Bumi Aksara.
- Baran, M., Baran, M., Karakoyun, F., & Maskan, A. (2021). The Influence of Project-Based STEM (PjBL-STEM) Applications on the Development of 21st-Century Skills. *Journal of Turkish Science Education*, 18(4), 798–815.
<https://doi.org/10.36681/tused.2021.104>
- Bialik, M., Fadel, C., Trilling, B., Nilsson, P., & Groff, J. (2015). *Skills for the 21st Century: What Should Students Learn? Center for Curriculum Redesign*. www.curriculumredesign.org

- Castañeda, J. A., Rodríguez-Molina, M. Á., Frías-Jamilena, D. M., & García-Retamero, R. (2020). The role of numeracy and information load in the tourist decision-making process. *Psychology and Marketing*, 37(1), 27–40. <https://doi.org/10.1002/mar.21278>
- Clarisa, G., Danawan, A., & Fani Chandra Wijaya, A. (2020). Penerapan Flipped Classroom dalam Konteks ESD untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif dan Membangun Sustainability Awareness Siswa. In *JNSI: Journal of Natural Science and Integration* (Vol. 3, Issue 1).
- Dufranc, I. M. G., Terceño, E. M. G., Fridberg, M., Cronquist, B., & Redfors, A. (2020). Robotics and Early-years STEM Education: The bot STEM Framework and Activities. *European Journal of STEM Education*, 5(1). <https://doi.org/10.20897/ejsteme/7948>
- Ekowati, D. W., Astuti, Y. P., Wahyu, I., Utami, P., Mukhlisina, I., Suwandayani, B. I., Universitas,), & Malang, M. (n.d.). *ELSE (Elementary School Education Journal) LITERASI NUMERASI DI SD MUHAMMADIYAH*.
- ESDM. (2014). *Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional*. Kementerian Energi dan Sumber Daya.
- Fitriah, P. I., Yulianto, B., & Asmarani, R. (2020). Meningkatkan Keterampilan Komunikasi Siswa Melalui Penerapan Metode Everyone Is A Teacher Here. *Journal of Education Action Research*, 4(4), 546–555. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JEAR/index>
- Hanipah, S., Jalan, A. :, Mopah, K., & Merauke, L. (2023). Analisis Kurikulum Merdeka Belajar Dalam Memfasilitasi Pembelajaran Abad Ke-21 Pada Siswa Menengah Atas. In *Jurnal Bintang Pendidikan Indonesia (JUBPI)* (Vol. 1, Issue 2).
- Hidayah, A. N., Priyanto, A. S., Oktaviani, I. L., Sari, L. P., Hapsari, M. A., Putri, S., Yusman, Z. C., & Sukamawati, W. (2023). Analisis Faktor Permasalahan Umum Pembelajaran Ipa Di Kelas Iv Sekolah Dasar. *Pendas : Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 08 Nomor 03.
- Hidayat, S. A., Dlis, F., & Hanief, S. (2021). *Pengembangan Model Pembelajaran Atletik Nomor Lari*. CV. Sarnu Untung.
- Hoque, F., Yasin, R. M., & Sopian, K. (2022). Revisiting Education for Sustainable Development: Methods to Inspire Secondary School Students toward Renewable Energy. *Sustainability (Switzerland)*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/su14148296>
- Iswara, H. S., Ahmadi, F., & Da Ary, D. (2022). Numeracy Literacy Skills Of Elementary School Students Through Ethnomathematics-Based Problem Solving. *Journal Interdisciplinary Studies*.

- Izzah Salsabilla, I., Jannah, E., & Keguruan dan, F. (2023). Analisis Modul Ajar Berbasis Kurikulum Merdeka. In *Jurnal Literasi dan Pembelajaran Indonesia* (Vol. 3, Issue 1).
- Jeremiah, M., Kabeyi, B., & Olanrewaju, O. A. (2020). *Optimization of Biogas Production for Optimal Abattoir Waste Treatment with Bio-Methanation as Solution to Nairobi Slaughterhouses Waste Disposal*.
- Kabeyi, M. J. B., & Olanrewaju, O. A. (2022a). Biogas Production and Applications in the Sustainable Energy Transition. *Journal of Energy*, 2022, 1–43. <https://doi.org/10.1155/2022/8750221>
- Kabeyi, M. J. B., & Olanrewaju, O. A. (2022b). Biogas Production and Applications in the Sustainable Energy Transition. *Journal of Energy*, 2022, 1–43. <https://doi.org/10.1155/2022/8750221>
- Kementrian ESDM. (2018). *Handbook Of Energy & Economic Statistics Of Indonesia* (Final Edition). In Ministry of Energy and Mineral Resources Republic of Indonesia.
- Kontesa, D. A., & Fauziati, E. (2022). Teori Connectivism dan Implikasinya terhadap pemanfaatan e-Learning dalam Pembelajaran di Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah Mitra Swara Ganesha*, Vol 9. No. 2.
- Laboy-Rush, D. (2010). Integrated STEM Education through Project-Based Learning. *STEM Solutions Manager*.
- Lin, K. Y., Wu, Y. T., Hsu, Y. T., & Williams, P. J. (2021). Effects of infusing the engineering design process into STEM project-based learning to develop preservice technology teachers' engineering design thinking. *International Journal of STEM Education*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00258-9>
- Machado, P. G., Teixeira, A. C. R., Collaço, F. M. A., & Mouette, D. (2021). Review of life cycle greenhouse gases, air pollutant emissions and costs of road medium and heavy-duty trucks. In *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment* (Vol. 10, Issue 4). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/wene.395>
- Mahmud, M. R., & Pratiwi, I. M. (2019). Literasi Numerasi Siswa Dalam Pemecahan Masalah Tidak Terstruktur. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(1), 69–88.
- Mahruzah Yulia, N. (2022). 30 | Teacher Competency Development in Designing Learning in the Independent Curriculum Pengembangan Kompetensi Guru dalam Mendesain Pembelajaran pada Kurikulum Merdeka. *Journal of Education*, 5(1). <https://doi.org/10.32478/al-mudarris.v%vi%i.954>

- Malik, A., Nuraeni, Y., Samsudin, A., & Sutarno, S. (2019). Creative Thinking Skills of Students on Harmonic Vibration using Model Student Facilitator and Explaining (SFAE). *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 8(1), 77–88. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v8i1.3056>
- Marwiyah, Alauddin, & Ummah, K. (2018). *Perencanaan Pembelajaran Kontemporer : Berbasis Penerapan Kurikulum 2013* (Edisi 1). Deepublish.
- Nugraha, D., & Octavianah, D. (2020). Diskursus Literasi Abad 21 Di Indonesia. *JPE (Jurnal Pendidikan Edutama)*, 7(1). <http://ejurnal.ikipgribojonegoro.ac.id/index.php/JPE>
- Nuraeni, R., Aliyah, H., & Biologi, P. (2020). Analisis Kemampuan Berpikir Sistem Siswa Kelas XI SMA pada Materi Sistem Pernapasan Manusia. *J. Pedagogi Hayati*, 4(1).
- Nurwidodo, N., Amin, M., Ibrohim, I., & Sueb, S. (2020). The role of eco-school program (Adiwiyata) towards environmental literacy of high school students. *European Journal of Educational Research*, 9(3), 1089–1103. <https://doi.org/10.12973/EU-JER.9.3.1089>
- Prajoko, S., Sukmawati, I., Maris, A. F., & Wulanjani, A. N. (2023). Project Based Learning (Pjbl) Model With Stem Approach On Students' Conceptual Understanding And Creativity. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(3), 401–409. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i3.42973>
- Pramasdyahsari, A. S., Setyawati, R. D., Aini, S. N., Nusuki, U., Arum, J. P., Astutik, L. D., Widodo, W., Zuliah, N., & Salmah, U. (2023). Fostering students' mathematical critical thinking skills on number patterns through digital book STEM PjBL. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(7). <https://doi.org/10.29333/ejmste/13342>
- Pramesti, D., Probosari, R. M., & Indriyanti, N. Y. (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. <https://doi.org/10.46843/jiecr.v3i3.156>
- Prasetyo, E., Syahtaria, I., & Supriadi, I. (2020). Pengaruh Perilaku Konsumtif, Tingkat Pendapatan Dan Tingkat Pendidikan Terhadap Konservasi Energi Listrik Di Sektor Rumah Tangga Dalam Rangka Mendukung Ketahanan Energi (Studi Di Kota Bogor). *Jurnal Ketahanan Energi, Volume 06 Nomor 1*.
- Putra, P. D. A., Sulaeman, N. F., Supeno, & Wahyuni, S. (2023). Exploring Students' Critical Thinking Skills Using the Engineering Design Process in a Physics Classroom. *Asia-Pacific Education Researcher*, 32(1), 141–149. <https://doi.org/10.1007/s40299-021-00640-3>

- Rahmawati, F., & Atmojo, I. R. W. (2021). Analisis Media Digital Video Pembelajaran Abad 21 Menggunakan Aplikasi Canva Pada Pembelajaran IPA. *Jurnal Basicedu*, 5(6), 6271–6279. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i6.1717>
- Rakhmawati, Y., & Mustadi, A. (2022). The circumstances of literacy numeracy skill: Between notion and fact from elementary school students. *Jurnal Prima Edukasia*, 10(1), 9–18. <https://doi.org/10.21831/jpe.v10i1.36427>
- Ratna Sari, P. (2021). The Development of Scientific Teaching Materials Based On Stem-Pjbl as A Chance To Improve Student's Creative Thinking Ability On The Topic Of Analyzing Of Light And Optics. *Jurnal Pembelajaran Sains VOLUME*, 5. <http://journal2.um.ac.id/index.php/>
- Ratumanan, G.T. & Laurens, T. 2011. Evaluasi Hasil Belajar pada Tingkat Satuan Pendidikan. Surabaya: UNESA University Press
- Rosmana, S. P., Ruswan, A., Sari, K., Rahmawati, N., Sativa, O., Maulana, R., Mardiana, R., & Agustia, Y. (2024). Pembelajaran Berbasis Proyek: Perancangan Modul Pembelajaran yang Mendorong Kolaborasi dan Kreativitas. *Jurnal Pendidikan Tambusai, Volume 8 Nomor 1*.
- Sakarika, M., Stavropoulos, K., Kopsahelis, A., Koutra, E., Zafiri, C., & Kornaros, M. (2020). Two-stage anaerobic digestion harnesses more energy from the co-digestion of end-of-life dairy products with agro-industrial waste compared to the single-stage process. *Biochemical Engineering Journal*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2019.107404>
- Setyowati, Y., Kaniawati, I., Sriyati, S., Nurlaelah, E., & 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. <https://doi.org/10.24815/jipi.v6i1.23571>
- Siew, N. M. (2017). The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences (EPESS)-Selection and peer-review under responsibility of the Organizing Committee of the conference *Corresponding author: Nyet Moi Siew The Eurasia Proceedings of Educational Integrating Stem In An Engineering Design Process: The Learning Experience Of Rural Secondary School Students In An Outreach Challenge Program. *Science & Technology*, 6. www.isres.org
- Silitonga, S. A., & Ibrahim, H. (2020). *Buku Ajar Energi Baru dan Terbarukan*. Deepublish.
- Sinaga, S. J., Najamuddin, N., Dewi, D. A., Widodo, U., Siahaan, K. W. A., Misbah, M., Achmad, G. H., & Mobo, F. D. (2023). Implementation of PBL Model on Strengthening Students' Numerical Literacy and Digital Literacy Skills. *Jurnal Obsesi : Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 7(1), 575–586.

<https://doi.org/10.31004/obsesi.v7i1.3123>

- Sole, F. B. (2021). Implementation of STEM-Based Learning for Strengthening Science Literacy of Students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(SpecialIssue), 382–388.
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v7ispecialissue.1266>
- Sudjana. (2005). *Metode Statistik(6th Ed.)*. PT. Tarsito.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Pendidikan (Kuantitatif, Kualitatif, Kombinasi, R&D Dan Penelitian Pendidikan)*. Alfabeta.
- Suyatna, A. (2017). Uji Statistik Berbantuan Spss Untuk Penelitian Pendidikan Menggunakan Pendekatan Kasus Penelitian Pendidikan.
- Syukri, M., Herliana, F., & Artika, W. (2023). Development of Physics Worksheet based on STEM integrating Engineering Design Process (EDP) through Guided Inquiry Model to Improve Students' Critical Thinking. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan Fisika*.
<https://doi.org/10.21009/1>
- Tim GLN. (2019). *Panduan Gerakan Literasi Nasional*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional. (2019). *Indonesia Energy Out Look 2019*. Dewan Energi Nasional.
- Treffinger, D. J., & Isaksen, S. G. (2005). *Creative Problem Solving: The History, Development, and Implications for Gifted Education and Talent Development*.
- Vásquez, C., García-alonso, I., Seckel, M. J., & Alsina, Á. (2021). Education for sustainable development in primary education textbooks—an educational approach from statistical and probabilistic literacy. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/su13063115>
- Wahono, B., Lin, P. L., & Chang, C. Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. In *International Journal of STEM Education* (Vol. 7, Issue 1). Springer. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00236-1>
- Waluyo, R., & Wahyuni, S. (2021). Development of STEM-Based Physics Teaching Materials Integrated 21st Century Skills (4C) and Characters. *Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 11(1), 83–102.
<https://doi.org/10.30998/formatif.v11i1.7951>
- Wardani, R. A. K., Karyanto, P., & Ramli, M. (2018). Analysis of high school students' environmental literacy. *Journal of Physics: Conference Series*,

1022(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1022/1/012057>

- Wicaksono, D., & Suradika, A. (2022). Desain Pembelajaran Berbasis Teori Konektivisme: Kertas Kerja Evaluasi Kurikulum di Prodi Magister Teknologi Pendidikan Universitas Muhammadiyah Jakarta. *Jurnal Perspektif*.
- Xiao, F., Barnard-Brak, L., Lan, W., & Burley, H. (2019). Examining problem-solving skills in technology-rich environments as related to numeracy and literacy. *International Journal of Lifelong Education*, 38(3), 327–338. <https://doi.org/10.1080/02601370.2019.1598507>
- Xu, F., Li, Y., Ge, X., Yang, L., & Li, Y. (2018). Anaerobic digestion of food waste – Challenges and opportunities. In *Bioresource Technology* (Vol. 247, pp. 1047–1058). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.020>
- Yu, K. C., Wu, P. H., & Fan, S. C. (2020). Structural Relationships among High School Students' Scientific Knowledge, Critical Thinking, Engineering Design Process, and Design Product. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(6), 1001–1022. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10007-2>