

**PENGEMBANGAN *e-LKPD* BERBASIS PROYEK PEMANFAATAN LIMBAH
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK MELATIH KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS DAN *ENTREPRENEURIAL SKILL S***

(Tesis)

**Oleh
RATNA YUNINGSIH
NPM 2423025007**



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

ABSTRAK

PENGEMBANGAN *e- LKPD* BERBASIS PROYEK PEMANFAATAN LIMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK MELATIH KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN *ENTREPRENEURIAL SKILL S*

Oleh

RATNA YUNINGSIH

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *e-LKPD* berbasis proyek pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit yang terintegrasi STEM *Project Based Learning* (STEM-PjBL) pendekatan *Socio Scientific Issues* (SSI) dan pada materi energi terbarukan guna meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill* peserta didik SMK. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh rendahnya keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill* peserta didik serta keterbatasan bahan ajar berbasis proyek terintegrasi STEM-PjBL yang kontekstual. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *e-LKPD* memiliki tingkat kevalidan sangat tinggi, dengan persentase validasi ahli sebesar 93,75% (isi) dan 95,83% (konstruk). Kepraktisan produk berada pada kategori sangat praktis, dengan persentase 88,78% pada uji skala terbatas, 91,42% pada uji skala luas, serta respon guru sebesar 96,15%. Keefektifan produk ditunjukkan oleh nilai *N-Gain* kategori sedang–tinggi serta perbedaan signifikan antara kelas eksperimen dan kontrol (sig. < 0,05) dengan effect size berkategori besar. *Novelty* penelitian ini terletak pada integrasi STEM-PjBL dengan pendekatan SSI dalam *e-LKPD* berbasis potensi lokal limbah sawit untuk penguatan keterampilan berpikir kritis dan *enterpreneurial skill* peserta didik.

Kata kunci: *e-LKPD*, STEM-PjBL, *Socio Scientific Issues*, berpikir kritis, *entrepreneurial skill* .

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF *e*-LKPD BASED ON THE PROJECT OF UTILIZATION OF EMPTY PALM OIL FRUIT WASTE TO TRAIN CRITICAL THINKING AND *ENTREPRENEURIAL SKILL S*

By

RATNA YUNINGSIH

This study aims to develop an *e*-LKPD based on an integrated STEM Project Based Learning (STEM-PjBL) project utilizing empty oil palm bunches using the Socio-Scientific Issues (SSI) approach and renewable energy materials to improve critical thinking skills and *entrepreneurial skill s* of high school students. This study is motivated by the low critical thinking skills and *entrepreneurial skill s* of students and the limitations of contextual STEM-PjBL integrated project-based teaching materials. The study uses the Research and Development (R&D) method with the ADDIE model. The results show that the *e*-LKPD has a very high level of validity, with expert validation percentages of 93.75% (content) and 95.83% (construct). The practicality of the product is in the very practical category, with a percentage of 88.78% in limited-scale tests, 91.42% in large-scale tests, and teacher responses of 96.15%. The effectiveness of the product is indicated by the medium-high *N-Gain* value and a significant difference between the experimental and control classes (sig. < 0.05) with a large effect size. The novelty of this research lies in the integration of STEM-PjBL with the SSI approach in *e*-LKPD based on the local potential of palm oil waste to strengthen students' critical thinking and *entrepreneurial skill s*.

Keywords: *e*-LKPD, STEM-PjBL, Socio-Scientific Issues, critical thinking, *entrepreneurial skill s*.

**PENGEMBANGAN *e- LKPD* BERBASIS PROYEK PEMANFAATAN LIMBAH
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK MELATIH KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS DAN *ENTREPRENEURIAL SKILLS***

Oleh

RATNA YUNINGSIH

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

MAGISTER PENDIDIKAN

Pada

Program Studi Magister Pendidikan IPA

Jurusan Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER PENDIDIKAN IPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

Judul Tesis

: **PENGEMBANGAN e- LKPD BERBASIS
PROYEK PEMANFAATAN LIMBAH
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
UNTUK MELATIH KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS DAN
ENTREPRENEURIAL SKILLS**

Nama Mahasiswa

: Ratna Yuningsih

NPM

: 2324025007

Program Studi

: Magister Pendidikan IPA

Jurusan

: Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam

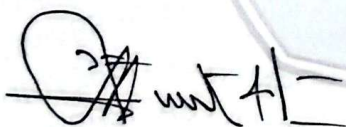
Fakultas

: Keguruan dan Ilmu Pendidikan

MENYETUJUI

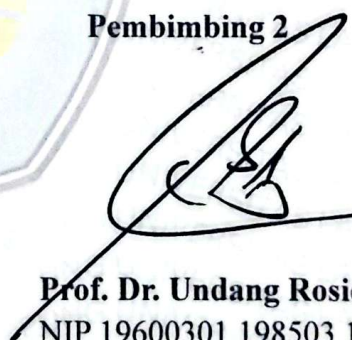
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



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

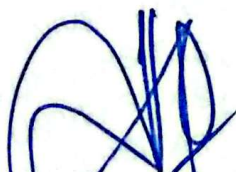
Pembimbing 2



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

2. Mengetahui Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

Ketua Jurusan Pendidikan MIPA



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

**Ketua Program Studi
Magister Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam**



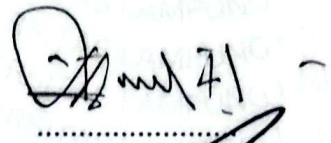
Prof. Dr. Neni Hasnunidah, M.Si.
NIP 19700327 199403 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Prof. Dr. Kartini Herlina, M.Si



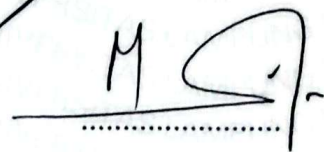
Sekretaris

: Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd

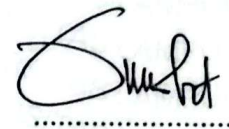


Penguji Anggota

: Dr. M. Setyorini, M.Si



Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si



Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dr. Albet Maydiantoro, M. Pd.

NIP 19870504 201404 1 001



Direktur Program Pascasarjana

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

NIP 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : **30 Januari 2026**

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ratna Yuningsih
Nomor Pokok Mahasiswa : 2423025007
Program Studi : Magister Pendidikan IPA
Jurusan : Pendidikan MIPA

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

Apabila kelak di kemudian hari ini terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka saya bertanggung jawab sepenuhnya.

Bandar Lampung, 30 Januari 2026

Yang Menyatakan,



Ratna yuningsih

NPM. 2423025007

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Way Kanan , pada tanggal 22 September 1994 sebagai anak Tunggal dari pasangan Bapak H. Suyud dan Ibu Hj. Mariyam. Penulis mengawali pendidikan formal di SD Negeri 03 Bumi Harjo dan lulus pada tahun 2006. Selanjutnya melanjutkan pendidikan di MTs Darul Ulum Bumi Harjo lulus pada tahun 2009.. Kemudian penulis melanjutkan Pendidikan di MA YPI Sumber Harjo dan lulus pada tahun 2012.

Pada tahun 2012, penulis diterima dan terdaftar sebagai mahasiswi program studi Pendidikan IPA, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan di Universitas Lampung. Penulis lulus sebagai Sarjana Pendidikan pada tahun 2017, kemudian pada tahun 2024 penulis melanjutkan studi Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung.

PERSEMBAHAN

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

- 1. Suamiku Tersayang, Rendi Trikada, M.Ti. terima kasih atas doa, kesabaran, dukungan, dan pengorbanan yang tak pernah henti diberikan. Kehadiranmu menjadi sumber kekuatan, motivasi, dan semangat bagi penulis dalam menyelesaikan setiap proses perjuangan ini. Semoga karya sederhana ini menjadi salah satu bukti cinta, ketulusan, dan kebersamaan kita dalam meraih cita-cita.*
- 2. Orang tua, Ibu Hj. Mariyam dan Bapak H. Suyud (Alm) yang telah sepenuh hati membesarkan, mendidik, mendo'akan, serta mendukung segala bentuk perjuangan anaknya. Semoga Allah senantiasa menguatkan langkah untuk selalu membahagiakan dan membanggakan kalian.*
- 3. Mertuaku, Bapak Triono dan ibu Isda Ika Yati, terima kasih atas doa, dukungan, dan kasih sayang yang tulus selama perjalanan studi ini. Semoga karya ini menjadi ungkapan hormat dan rasa syukur penulis.*
- 4. Untuk kedua putra tercinta, Nayottama Ahza Trikada dan Khaisanu Adhya Trikada. kalian adalah alasan terkuat mama untuk terus berjuang dan tidak pernah menyerah. Semoga karya ini menjadi saksi cinta, doa, dan harapan mama untuk masa depan kalian.*
- 5. Seorang anak perempuan istimewa mba putriana fathona yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan hidup penulis, yang kehadirannya memberi semangat, kebahagiaan, dan makna tersendiri.*
- 6. Bapak dan Ibu dosen yang senantiasa memberikan didikan dan bimbingan terbaik dengan tulus dan ikhlas.*
- 7. Ibu Ike Festiana, ibu dosen yang merangkul seperti sahabat dan selalu mensupport penulis*
- 8. Sahabat seperjuangan Magister Pendidikan IPA Gelar Rista, Sabda Yeni, Khotimatun Nisak, Sindi Putri Pertiwi, Polmer Sinaga, Dian Arsy, Innayatul Ainiyah, Tri Wulandari dan Nada Shofura.*
- 9. Adik tersayang yang sudah seperti saudara, Gelar Rista. Terimakasih telah*

selalu kebersamaan dalam suka dan duka menghadapi tesis ini

10. *Sahabatku tersayang Mba Ayu Wijaya yang selalu membantu handle kegiatan disekolah selama penulis kuliah*
11. *Sahabat baikku Mba Devi Siahma yang selalu siaga ketika penulis membutuhkan bantuan*
12. *Almamater tercinta Universitas Lampung*
13. *Semua pendidik dari TK, SD, MTs, MA, hingga jenjang perkuliahan S1 dan S2, yang telah dengan tulus membimbing, mendidik, serta memberikan ilmu, motivasi, dan keteladanan sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan dan karya ini dengan baik.*

MOTTO

"Bergantung Pada Diri Sendiri, Bukan Keberuntungan"

-Ratna Yuningsih-

“Ilmu Lebih Baik Daripada Harta. Ilmu Menjaga Engkau, Sedangkan Harta
Engkau Yang Menjaganya.”

-Ali bin Abi Thalib r.a.-

SANWACANA

Bismillaahirrohmaanirrohiim.

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pengembangan *e*-LKPD Berbasis Proyek Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis dan *Enterpreneurial Skill*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan IPA di Universitas Lampung. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Albet Maydiantoro, S.Pd., M.Pd. selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA
5. Ibu Prof. Dr. Neni Hasnunidah, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan IPA Universitas Lampung.
6. Ibu Prof. Dr. Kartini Herlina, M.Si., selaku Pembimbing I, atas kesediaan dan kesabarannya memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama penyusunan tesis ini.
7. Bapak Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd., selaku Pembimbing II, atas kesediaan dan kesabarannya memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama penyusunan tesis ini.

8. Ibu Dr. M. Setyorini, M.Si., selaku Pembahas I dan Validator produk, atas kesediaan dan kesabarannya memberikan bimbingan, saran, semangat, motivasi, dan kritik kepada penulis dalam proses penyusunan tesis ini.
9. Bapak Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si., selaku Pembahas II atas kesediaan dan kesabarannya memberikan bimbingan, saran, semangat, motivasi, dan kritik kepada penulis dalam proses penyusunan tesis ini.
10. Ibu Prof. Chansyanah Diawati, M.Si, dan Ibu Putri Fachrunnisa, M.Pd. selaku Validator produk, atas saran dan masukan terhadap produk yang dikembangkan.
11. Bapak dan Ibu Dosen, serta Staff Program Studi Magister Pendidikan IPA dan Jurusan Pendidikan MIPA Universitas Lampung.
12. Ibu Hj. Tisnawati, S.Pd., M.M. selaku kepala Sekolah SMK Tunas Wiyata Waytuba yang telah berkenan meberikan izin penelitian tesis ini.
13. Peserta didik Kelas X MP 1 dan X MP 2 SMK Tunas Wiyata selaku subjek penelitian tesis.

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

Bandar Lampung, 30 Januari 2026

Yang Menyatakan,

Ratna yuningsih

NPM. 2423025007

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang masalah	1
1.2. Rumusan masalah	8
1.3. Tujuan penelitian	8
1.4. Ruang lingkup	9
1.5. Manfaat Penelitian	10
II. TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1. Kajian teori	11
2.2. Kerangka pemikiran	30
2.3. Hipotesis penelitian	33
III. METODE PENELITIAN	34
3.1. Desain penelitian pengembangan	34
3.2. Prosedur pengembangan	35
3.3. Instrumen penelitian	39
3.4. Teknik analisis data	41
3.5. Matriks ringkasan metode penelitian	47
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	49
4.1. Tahap analysis	49
4.2. Design	52
4.3. Development	64
4.4. Implementatiton	71
4.5. Evaluation	94
4.6. Pembahasan	96
V. KESIMPULAN DAN SARAN	150
5.1. Kesimpulan	150
5.2. Saran	151
DAFTAR PUSTAKA	152
LAMPIRAN	161

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Sintaks Pembelajaran STEM-Pjbl	17
Tabel 2. Tahapan Pembelajaran Socio-Scientific Issues (SSI)	21
Tabel 3. Kerangka Berpikir Menurut Norris Dan Ennis (Stiggins, 1998)	27
Tabel 4. Penelitian Yang Relevan	28
Tabel 5. Skala Likert Pada Skala Validasi	40
Tabel 6. Skala Likert Pada Skala Keterbacaan Dan Kemenarikan	40
Tabel 7. Konversi Skor Penilaian Kevalidan Produk	41
Tabel 8. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan Produk	42
Tabel 9. Kriteria Kevalidan Instrumen Tes	42
Tabel 10. Kriteria Koefisien Korelasi	42
Tabel 11. Kriteria Koefisien Korelasi	43
Tabel 12. Kriteria Nilai Effect Size	46
Tabel 13. Kategori Nilai <i>N-Gain</i>	46
Tabel 14. Ringkasan Metode Penelitian	47
Tabel 15. Keterkaitan Pendekatan Socio Scientific Issue (SSI), Model Pembelajaran STEM-Pjbl Keterampilan Berpikir Kritis Dan <i>Entrepreneurial skill</i>	52
Tabel 16. Produk <i>E-LKPD</i> Yang Dikembangkan	56
Tabel 17. Hasil Validitas Instrumen Tes	68
Tabel 18. Uji Reliabilitas	69
Tabel 19. Hasil Uji Coba Empiris	70
Tabel 20. Hasil Penilaian <i>Entrepreneurial skill s</i>	84

Tabel 21. Hasil Perbandingan Penilaian Kelompok Kelas Kontrol dan Eksperimen Terkait <i>Entrepreneurial skill s</i>	85
Tabel 22. Menyajikan hasil penilaian kelompok kelas kontrol dan eksperimen berdasarkan <i>Entrepreneurial skill s</i>	86
Tabel 23. Hasil Uji Normalitas <i>Entrepreneurial skill s</i>	88
Tabel 24. Hasil Uji Homogenitas <i>Entrepreneurial skill s</i>	88
Tabel 25. Hasil Uji <i>Mann-Whitney U</i>	89
Tabel 26. Nilai Sig. Dari Hasil Uji Normalitas Berpikir Kritis.....	90
Tabel 27. Hasil Uji Homogenitas Berpikir Kritis.....	91
Tabel 28. Hasil Uji ANCOVA Berpikir Kritis.....	91
Tabel 29. Hasil Rata-Rata <i>N-Gain</i> Kelas Eksperimen dan Kontrol Berpikir Kritis	93
Tabel 30. Komentar dan Saran Validator Terhadap Program Pembelajaran	95

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Kerangka Pemikiran	32
Gambar 2. Konsep ADDIE	34
Gambar 3. Prosedur Pengembangan	36
Gambar 4. Tampilan Halaman Sampul <i>E-Lkpd</i>	65
Gambar 5. Grafik Perbandingan 3 Validator Ahli	67
Gambar 6. Grafik Respon Angket Siswa	74
Gambar 7. Grafik Respon Isi Dan Konstruk	76
Gambar. 8. Perbandingan hasil rata-rata kelas eksperimen dan kontrol	82
Gambar 9. Hasil perbandingan kelas eksperimen dan kelas kontrol	84
Gambar 10. Jawaban posttest siswa kelas eksperimen	100
Gambar 11. Jawaban LKPD pada tahap reflection	105
Gambar 12. Dokumentasi saat kunjungan ke pabrik sawit	106
Gambar 13. Dokumentasi tumpukan limbah yang ada di parik sawit	107
Gambar 14. Dokumentasi siswa saat pengambilan limbah dilingkungan sekitar	108
Gambar 15. Jawaban siswa pada tahap research	111
Gambar 16. Dokumentasi siswa sedang berdiskusi	113
Gambar 17. Jawaban lkpd siswa pada tahap discovery	119
Gambar 18. Dokumentasi guru sedang memberi arahan kepada peserta didik pada tahap discovery	121
Gambar 19. Jawaban lkpd kelompok 1 pada tahap application	124
Gambar 20. Proses pembuatan briket dari tandan kosong kelapa sawit	126
Gambar 21. Jawaban lkpd siswa pada tahap communication	131
Gambar 22. Presentasi Produk Briket TKKS	133
Gambar 23. Presentasi Produk Briket TKKS	133

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Angket Kebutuhan <i>e</i> -LKPD Menurut Guru.....	162
Lampiran 2. Angket Kebutuhan <i>e</i> -LKPD Menurut Siswa	166
Lampiran 3. Hasil Output Angket <i>e</i> -LKPD Berdiferensiasi Menurut Guru dan Siswa	170
Lampiran 4. Modul Ajar.....	190
Lampiran 5. Kisi-kisi dan Soal <i>Pre-Test Dan Post-Test</i>	198
Lampiran 6. Kisi-Kisi dan Instrumen Angket Observasi Enterpreneurial Skills Kisi-Kisi Lembar Angket Observasi Enterpreneurial Skills	205
Lampiran 7. Angket Validasi Oleh Ahli	212
Lampiran 8. Rubrikasi Penilaian Kinerja.....	221
Lampiran 9. Instrumen Angket Respon Siswa.....	225
Lampiran 10. Angket Validasi Isi Guru.....	227
Lampiran 11. Hasil Validasi Ahli	230
Lampiran 12. Hasil Penilaian Enterpreneurial Skills Kelas Kontrol	229
Lampiran 13. Hasil Penilaian Enterpreneurial Skills Kelas Eksperimen.....	231
Lampiran 14. Hasil Uji Normalitas Enterpreneurial Skills.....	233
Lampiran 15. Hasil Uji Homogenitas Enterpreneurial Skills	235
Lampiran 16. Hasil Uji Mann-Whitney U Enterpreneurial Skills	235
Lampiran 17. Data <i>Pre-Test</i> Kelas Kontrol.....	237
Lampiran 18. Data <i>Pre-Test</i> Kelas Eksperimen	238
Lampiran 19. Data <i>Post-Test</i> Kelas Kontrol	240
Lampiran 20. Data <i>Post-Test</i> Kelas Eksperimen.....	241
Lampiran 21. Data <i>N-Gain</i> Kelas Kontrol	243
Lampiran 22. Data <i>N-Gain</i> Kelas Eksperimen	245
Lampiran 23. Perbandingan Nilai Rata-Rata Pre Test Dan Post Test Berpikir Kritis	246
Lampiran 24. Hasil Perbandingan Kelas Eksperimen Dan Kelas Kontrol Indikator Berpikir Kritis	247
Lampiran 25. Hasil Uji Empiris	247
Lampiran 26. Hasil Uji Normalitas Berpikir Kritis	250
Lampiran 27. Hasil Uji Homogenitas Berpikir Kritis.....	251
Lampiran 28. Hasil Uji Ancova dan Effect Size	251
Lampiran 25. Dokumentasi Kelas Kontrol dan Eksperimen	252

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan pada tahun 2021 memperkenalkan Kurikulum Merdeka. Konsep kurikulum baru ini dirancang untuk meningkatkan kebebasan sekolah dalam menciptakan kurikulum yang lebih pas dengan konteks lokal serta kebutuhan para siswanya (Indarta *et al.*, 2022). Di abad ke-21, individu yang mampu bersaing di dunia kerja adalah mereka yang memiliki daya saing tinggi, dengan berbagai keterampilan dan kemampuan yang mendukung perkembangan serta keberlanjutan karier mereka. Oleh karena itu, pendidikan di era modern tidak hanya berfokus pada pemberian pengetahuan, tetapi juga melatih siswa agar mampu menguasai beragam keterampilan berpikir (Mardhiyah *et al.*, 2021).

Keterampilan berpikir merupakan elemen krusial dalam pendidikan abad ke-21, yang bertujuan untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan dan kompleksitas dunia modern (Swartz & Mcguinness, 2014). Teori-teori seperti yang diajukan oleh David Ausubel menyoroti pentingnya hubungan antara pengetahuan baru dan pengetahuan yang sudah ada dalam pikiran siswa, serta memperkenalkan konsep pembelajaran bermakna yang mengutamakan pemahaman di atas penghafalan (Ausubel, 1968).

Pendidikan memiliki peran strategis dalam membentuk sumber daya manusia yang mampu beradaptasi dengan perkembangan zaman. Tantangan global, kemajuan teknologi, serta dinamika sosial yang terus berubah menuntut peserta didik tidak hanya menguasai pengetahuan, tetapi juga mampu memahami, menilai, dan menggunakan informasi secara tepat. Oleh karena itu, proses pembelajaran perlu diarahkan pada pengembangan kemampuan berpikir yang

mendalam dan reflektif agar peserta didik dapat menghadapi berbagai permasalahan kehidupan secara efektif (Trilling & Fadel, 2009). Salah satu keterampilan berpikir yang harus dimiliki oleh siswa adalah keterampilan berpikir kritis.

Berpikir kritis adalah proses berpikir yang logis dan reflektif, yang bertujuan untuk menentukan keyakinan atau tindakan yang tepat (Ennis, 2012). Dengan kata lain, berpikir kritis adalah proses berpikir secara logis dengan mengaitkan pengetahuan baru dengan pengetahuan yang sudah dimiliki, sehingga individu mampu menarik kesimpulan untuk menyelesaikan suatu masalah. Oleh karena itu, pembelajaran saat ini harus melatih keterampilan berpikir kritis pada siswa agar mereka memiliki kemampuan dalam menghadapi dan menyelesaikan masalah di kehidupan nyata (Thorndahl & Stentoft, 2020). Facione (2015) Menyatakan bahwa individu yang memiliki keterampilan berpikir kritis akan dapat membuat keputusan yang tepat dalam menyelesaikan suatu masalah. Kemampuan ini menjadi aset berharga ketika siswa memasuki kehidupan bermasyarakat.

Namun, dalam praktiknya, proses pembelajaran di sekolah lebih menekankan pada penguasaan pengetahuan, tetapi belum secara optimal melatih keterampilan berpikir siswa (Wilsa *et al.*, 2017). Pembelajaran yang hanya berfokus pada penguasaan pengetahuan tidak akan efektif dalam melatih dan mengembangkan keterampilan berpikir kritis pada siswa (Mareti *et al.*, 2021). Keterampilan berpikir kritis pada siswa dapat dilatih melalui kegiatan pemecahan masalah. Oleh karena itu, siswa perlu diberikan permasalahan yang relevan dengan kehidupan nyata.

Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah pendekatan *Socio Scientific Issue* (SSI), yang menghubungkan permasalahan sosial dengan ilmu pengetahuan dan memiliki jawaban yang bersifat relatif (Andryani *et al.*, 2016). SSI dapat digunakan untuk mengaitkan masalah-masalah dunia nyata dalam masyarakat dengan *platform* pembelajaran bagi siswa dalam menghadapi kesulitan terkait materi IPA (Rostikawati & Permanasari, 2016). Pemilihan pendekatan SSI harus dilakukan secara hati-hati untuk memastikan bahwa siswa memiliki pengetahuan yang cukup untuk terlibat dalam proses berpikir kritis (Dalaila *et al.*, 2022). Salah

satu topik IPA yang sangat relevan dengan kehidupan sehari-hari dan mengandung elemen permasalahan sosial-ilmiah adalah isu keterbatasan energi terbarukan. Topik ini sangat cocok disajikan dengan pendekatan *SSI*.

Salah satu isu terkini dalam konteks pendekatan *SSI* adalah dampak sosial terhadap kondisi lingkungan. Pemerintah menghadapi tantangan besar dalam menangani kerusakan lingkungan dan permasalahan yang terkait dengan aktivitas manusia (Sentot *et al.*, 2020). Kerusakan lingkungan ini sangat terkait dengan aktivitas manusia, terutama yang berhubungan dengan limbah. Seiring dengan meningkatnya aktivitas manusia, kebutuhan energi pun meningkat, yang pada gilirannya menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan, seperti peningkatan emisi karbon dioksida (CO₂) yang berkontribusi pada pemanasan global (Mediastika, 2021). Konsumsi energi tak terbarukan mengalami pertumbuhan pesat dengan peningkatan tahunan sebesar 2%, dan pada tahun 2020, emisi karbon dioksida global telah mencapai dua kali lipat dibandingkan dengan periode 1965-1998 (Afriyanti *et al.*, 2020).

Pemerintah menunjukkan keseriusannya dalam menangani masalah ini dengan mengeluarkan kebijakan seperti PerPres Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, yang kemudian diperkuat dengan PP Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. Pemerintah menargetkan penggunaan energi berbasis bahan bakar gas sebesar 30% dan berbasis proyek sebesar 17%. Melalui PP Nomor 79 Tahun 2014, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) memiliki program nasional untuk mencapai 23% berbasis proyek pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 (Budiman, 2021). Dalam hal ini, biogas diharapkan dapat menjadi salah satu solusi energi alternatif untuk mewujudkan target tersebut. Salah satu energi terbarukan yang dapat diperoleh dengan sumber yang cukup melimpah adalah limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas unggulan ekspor nonmigas yang memberikan kontribusi besar terhadap devisa negara, pajak, dan lapangan kerja (Harahap *et al.*, 2019). Luas lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia terus meningkat, baik dari sektor rakyat maupun swasta, seiring dengan meningkatnya permintaan minyak nabati dunia. Peningkatan ini juga berdampak pada

bertambahnya jumlah pabrik pengolah tandan buah segar (TBS) menjadi *Crude Palm Oil* (CPO), yang dalam prosesnya menghasilkan sekitar 75% limbah, termasuk tandan kosong kelapa sawit (TKKS) (Pandapotan & Marbun, 2017). TKKS, yang mengandung lignin dan selulosa, masih belum dimanfaatkan secara optimal dan berpotensi mencemari lingkungan (Salmina, 2016). Oleh karena itu, pendekatan zero waste sangat diperlukan untuk mengolah limbah ini menjadi produk bernilai ekonomi seperti briket arang atau pupuk organik (Susilawati & Supijanto, 2015).

Di Kecamatan Way Tuba, Kabupaten Waykanan, limbah TKKS menjadi masalah lingkungan yang nyata, karena hanya dibiarkan membusuk atau dibakar. Padahal, limbah ini berpotensi besar untuk dimanfaatkan secara produktif. Dalam konteks pembelajaran berbasis proyek, siswa diajak untuk mencari solusi inovatif terhadap permasalahan ini, sekaligus mengasah kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan pemecahan masalah.

Selain itu, siswa juga didorong untuk mengembangkan kreativitas dan inovasi, sehingga diperlukan keterampilan kewirausahaan (*entrepreneurial skill s*). Pembelajaran keterampilan kewirausahaan membantu siswa meningkatkan kemampuan komunikasi serta bekerja dalam tim (Sutianah, 2021).

Pendidikan keterampilan *entrepreneurial skill s* dapat dilatihkan kepada peserta didik secara bertahap dengan mengimplentasi teori materi yang diajarkan untuk membuat produk (Kuswantoro, 2014). Oleh karena itu, model pembelajaran harus sesuai agar nantinya dikembangkan untuk menjembatani peningkatan keterampilan dan produktivitas dengan nilai-nilai *entrepreneurial* dan didukung sarana dan prasarana yang memadai.

Permasalahan lainnya juga dipengaruhi oleh sistem pendidikan sains global, yang saat ini menghadapi tantangan dalam mengantisipasi perubahan lingkungan sejalan dengan program pembangunan berkelanjutan (Abdurrahman *et al.*, 2023). Isu energi terbarukan menjadi salah satu perhatian utama yang perlu ditindaklanjuti dan merupakan topik menarik dalam dunia pendidikan (Febriansari *et al.*, 2022). Peningkatan kebutuhan energi terus bertambah akibat pesatnya

perkembangan di sektor industri, ekonomi, serta pertumbuhan penduduk (Anisa & Zainuri, 2020). Kondisi ini menunjukkan bahwa Indonesia, sebagai negara berkembang, masih memerlukan penyediaan energi sebagai elemen krusial dalam mendukung pembangunan. Berkurangnya cadangan minyak dunia mendorong pemerintah untuk mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar fosil dan mempercepat pemanfaatan sumber energi terbarukan (Halil, 2019).

Pendidikan memiliki peran krusial dalam meningkatkan kesadaran dan pemahaman tentang pemanfaatan serta penerapan sumber energi terbarukan dalam kehidupan sehari-hari (Lasaiba *et al.*, 2022). Pembelajaran mengenai energi terbarukan dapat menumbuhkan kesadaran peserta didik akan pentingnya pendidikan lingkungan yang berhubungan dengan pembangunan berkelanjutan (Yazici, 2017). Namun, rendahnya penerapan pendidikan lingkungan serta penggunaan strategi pembelajaran yang kurang efektif menyebabkan banyak peserta didik dan sebagian besar guru masih mengalami miskonsepsi dalam mengelola serta mengaplikasikan sumber energi terbarukan (Aksan & Çelikler, 2013). Oleh karena itu, guru perlu menerapkan strategi pembelajaran yang lebih efektif dengan memilih model pembelajaran yang mampu mencegah miskonsepsi serta membangun pemahaman konseptual peserta didik terhadap materi yang diajarkan (Amalia *et al.*, 2023).

Bidang pendidikan berperan penting dalam mencari solusi untuk mengatasi krisis energi dengan mengintegrasikan isu-isu terkait energi ke dalam pembelajaran berbasis proyek, khususnya pada topik energi terbarukan (Podgórska & Zdonek, 2022). Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah model pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan SSI yang terintegrasi dengan STEM-PjBL, yakni pembelajaran berbasis proyek yang mendorong peserta didik untuk menyelesaikan masalah secara realistis dan kontekstual guna menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna (Meita *et al.*, 2018). Model pembelajaran ini mengombinasikan metode berbasis inkuiri untuk membantu peserta didik menghubungkan proyek yang mereka kerjakan dengan pengetahuan serta pengalaman yang telah dimiliki, kemudian mengomunikasikan hasil pembelajaran mereka (Stohlmann, 2020). STEM-PjBL menjadi integrasi model

pembelajaran yang efektif dalam melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi pada peserta didik, termasuk keterampilan berpikir kritis dan *enterprenurial skills* (Windasari *et al.*, 2020).

Perkembangan dalam penerapan STEM-PjBL mendorong penggabungan model pembelajaran ini dengan berbagai pendekatan. Salah satu pendekatan yang dapat diintegrasikan adalah pendekatan SSI (*Socio-Scientific Issue*). Pendekatan SSI merepresentasikan isu atau permasalahan dalam kehidupan sosial yang memiliki keterkaitan konseptual dengan sains dan solusi yang bersifat relatif (Pauzi & Windiaryani, 2021). Pembelajaran berbasis pendekatan SSI mendorong guru untuk mengaitkan isu-isu yang sedang berkembang di masyarakat, sehingga peserta didik dapat memahami bahwa materi yang dipelajari memiliki relevansi dengan kehidupan sehari-hari (Subiantoro, 2018). Salah satu isu global yang penting dan perlu mendapat perhatian dalam dunia pendidikan adalah berbasis proyek (Febriansari *et al.*, 2022).

Sejalan dengan hasil analisis kebutuhan yang telah dilakukan terhadap 23 guru IPA SMA/MA/SMK di Indonesia menunjukkan bahwa 39,1% guru telah menggunakan model pembelajaran PjBL dalam pembelajaran topik energi terbarukan. Namun, data menunjukkan bahwa sebagian besar guru masih mengalami miskonsepsi dalam mengimplementasikan sintaks model pembelajaran PjBL pada topik energi terbarukan. Data lain juga menunjukkan bahwa 69,6% guru masih mengalami kesulitan dalam mengaitkan bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan. Hal ini disebabkan karena masih kurangnya pemahaman terhadap materi tersebut. Metode dan pendekatan pembelajaran yang digunakan oleh sebagian besar guru juga masih bersifat ceramah dan belum berbasis *project*. Sebagian besar guru telah menggunakan media dan LKPD yaitu sebanyak 87%, namun dalam pembuatan LKPD hanya 82,6% saja yang buatan mandiri. Terdapat 8,7 % guru belum mengukur ketarampilan Berpikir kritis dan sebanyak 65,2% guru masih belum yakin atau belum berani mengajak siswa terlibat dalam kegiatan di luar kelas, seperti pembuatan briket.

Berbagai penelitian telah dilakukan terkait model pembelajaran STEM-PjBL, di antaranya oleh Anriani *et al.*, (2024), Kurniasari *et al.*, (2023), Setyowati *et al.* (2022), Pramesti *et al.* (2022), Ke *et al.*, (2021), dan Syukri *et al.*, (2021). Namun, pengembangan *e*-LKPD yang bertujuan untuk menstimulasi keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skills* masih tergolong terbatas.

Penerapan model pembelajaran STEM-PjBL berbasis proyek dengan pendekatan *SSI* memerlukan panduan agar pelaksanaannya lebih terarah. Salah satu bentuk panduan dalam pembelajaran adalah Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). LKPD merupakan bahan ajar cetak yang berisi materi, ringkasan, serta petunjuk pelaksanaan tugas pembelajaran yang dirancang sesuai dengan Kompetensi Dasar (KD) yang harus dicapai oleh siswa (Kahar *et al.*, 2021) Seiring dengan perkembangan teknologi, LKPD kini dapat dikemas dalam bentuk elektronik (*e*-LKPD), sehingga siswa dapat mengaksesnya kapan saja dan di mana saja tanpa perlu mencetaknya dalam bentuk fisik.

Menurut Lathifah *et al.* (2021), *e*-LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik) adalah lembar latihan digital yang digunakan siswa secara sistematis dan berkelanjutan dalam periode waktu tertentu. Penggunaan *e*-LKPD ini, seperti yang dikemukakan oleh Purborini *et al.* (2025), dapat membuat pembelajaran menjadi lebih menarik, interaktif, dan tidak membosankan, yang pada gilirannya berdampak positif pada pencapaian target belajar siswa. Beberapa penelitian sebelumnya telah meneliti *e*-LKPD berbasis proyek. Tarisna *et al.* (2023) menemukan bahwa *e*-LKPD berbasis *Project Based Learning* untuk pembelajaran IPA kelas V SD terbukti valid, praktis, dan efektif meningkatkan hasil belajar. Studi oleh Octaviana *et al.* (2022) juga menunjukkan *e*-LKPD yang mereka kembangkan sangat valid, praktis, dan cukup efektif untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi siswa dalam belajar IPA. Serupa dengan itu, Ipi *et al.* (2023) menyatakan *e*-LKPD berbasis *liveworksheet* tentang pencemaran lingkungan sangat valid dan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMP. Meskipun demikian, dari paparan ini terlihat bahwa belum ada penelitian yang secara spesifik menguji *e*-LKPD yang didasarkan pada masalah nyata di lingkungan sekitar, seperti proyek pemanfaatan limbah tandan kosong

kelapa sawit untuk tujuan meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Berdasarkan uraian latar belakang masalah tersebut, pendekatan SSI dengan model pembelajaran berbasis proyek terintegrasi STEM- *PjBL* menjadi salah satu dibutuhkan untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan *enterpreneurial skills* pada *alternative energy* dalam kehidupan sehari-hari. Sehingga dilakukan penelitian dengan judul “Pengembangan *e- LKPD* Berbasis Proyek Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kritis dan *Entrepreneurial skill s*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (*e-LKPD*) berbasis proyek pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill s* siswa?
2. Bagaimana kevalidan Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (*e-LKPD*) berbasis proyek pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill s* siswa?
3. Bagaimana kepraktisan Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (*e-LKPD*) berbasis proyek pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill s* siswa?
4. Bagaimana keefektifan pembelajaran dengan bantuan Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (*e-LKPD*) berbasis proyek pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill s* siswa?

1.3 Tujuan Penelitian

Secara umum, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah menghasilkan lembar kerja peserta didik elektronik (*e-LKPD*) berbasis proyek pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill s*. Tujuan umum dapat dirinci menjadi beberapa tujuan

khusus, di antaranya adalah sebagai berikut :

1. Mendeskripsikan karakteristik Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (*e-LKPD*) berbasis proyek pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill s* siswa.
2. Mendeskripsikan kevalidan (kelayakan) Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (*e-LKPD*) berbasis proyek pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill s* siswa.
3. Mendeskripsikan kepraktisan Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (*e-LKPD*) berbasis proyek pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill s* siswa.
4. Mendeskripsikan keefektifan pembelajaran dengan bantuan Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (*e-LKPD*) berbasis proyek pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill s* siswa.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Produk yang dihasilkan dari penelitian pengembangan ini adalah *e-LKPD* berbasis proyek pada materi energi terbarukan untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill s* peserta didik.
2. Uji kevalidan *e-LKPD* terdiri dari validasi isi serta validasi konstruk oleh 3 ahli, instrumen dikatakan valid jika hasil respon ahli $\geq 60\%$.
3. Uji kepraktisan pada penelitian pengembangan ini meliputi uji keterbacaan, respon peserta didik, dan persepsi guru untuk menstimulus kemampuan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill s* yang valid, praktis dan efektif, instrumen dikatakan praktis jika hasil respon ahli $\geq 70\%$.
4. Indikator berpikir kritis yang digunakan menurut Norris dan Ennis (Stiggins 1997) dengan indikator Mengidentifikasi dan mengklarifikasi isu, Mengumpulkan informasi relevan, Menganalisis secara logis, Melakukan evaluasi, dan Membuat keputusan.
5. Indikator enterprenurial skills yang digunakan menurut tri sakit dengan

indikator

6. Memberikan *pretest-posttest* sebelum dan sesudah pembelajaran dengan memberikan soal terkait dengan berbasis proyek.
7. Nilai *N-Gain* yang digunakan yaitu menurut Hake (1978) dengan kriteria minimum hasil *N-Gain* harus > 0.7 dengan kategori tinggi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari pelaksanaan penelitian ini yaitu:

1. Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis penelitian ini adalah akan menyediakan Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (*e- LKPD*) berbasis proyek pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit yang praktis untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill s*

2. Manfaat Praktis

Manfaat praktis yang dapat yang diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut

- a. Bagi peneliti, dapat menambah wawasan, pengalaman, dan bekal dalam pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (*e- LKPD*) berbasis proyek pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill s*
- b. Bagi guru, memberikan pengetahuan baru terkait pembelajaran *e-LKPD* Pembelajaran berbasis proyek
- c. Bagi peserta didik, memberikan pengalaman belajar yang berbeda dan diharapkan dapat melatih keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill s*

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Teori Belajar Konstruktivisme

Teori konstruktivisme merupakan cabang dari pendekatan belajar kognitif yang menekankan pentingnya keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran. Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konsep melalui pengalaman belajar yang bermakna. Konstruktivisme sangat erat kaitannya dengan model pembelajaran penemuan (*discovery learning*) dan pembelajaran bermakna (*meaningful learning*), yang keduanya berakar pada teori belajar kognitif. Dalam pendekatan ini, siswa diberi kebebasan untuk membangun sendiri pemahamannya berdasarkan rancangan pembelajaran yang disusun oleh guru (Mustafa & Roesdiyanto, 2021). Pembelajaran konstruktivistik juga dapat diwujudkan melalui penyajian simulasi permasalahan nyata yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, sehingga mampu merangsang keterlibatan dan pemikiran kritis siswa.

Pembelajaran akan menjadi lebih efektif apabila siswa dapat berinteraksi langsung dengan objek yang dipelajari, khususnya yang terdapat di lingkungan sekitar mereka. Selain itu, pemanfaatan teknologi modern baik yang terhubung dengan jaringan internet maupun tidak serta beragam sumber belajar, turut mendukung peningkatan efektivitas dan efisiensi dalam proses pemahaman siswa (Ndaru Kukuh *et al.*, 2019). Dalam pandangan konstruktivisme, proses inkuiri dianggap sebagai bagian penting dari pencarian informasi yang mendasar. Melalui keterlibatan langsung dalam aktivitas pembelajaran, peserta didik mampu membangun pemahaman yang lebih kuat dan bermakna (Maiyanti *et al.*, 2024).

Pendekatan konstruktivistik juga berperan dalam menumbuhkan rasa percaya diri, semangat belajar, dan rasa ingin tahu yang mendalam pada siswa. Dengan menempatkan peserta didik sebagai subjek aktif dalam proses pembelajaran, pendekatan ini mendorong berkembangnya kreativitas dan produktivitas.

Implementasi filsafat konstruktivisme dalam model *Project-based Learning* (PjBL) memerlukan kajian teoritis yang menyeluruh. Kajian ini dilakukan dengan memperhatikan prinsip-prinsip dan aspek-aspek fundamental dari berbagai literatur dan jurnal yang relevan dengan filosofi konstruktivisme serta model pembelajaran berbasis proyek.

2.1.2 Teori Belajar Konektivisme

Pesatnya perkembangan teknologi saat ini telah memberikan dampak signifikan terhadap pergeseran paradigma dalam teori pembelajaran. Teori-teori pembelajaran tradisional dinilai kurang memadai untuk menjelaskan dinamika pembelajaran di era modern. Oleh karena itu, muncul teori-teori baru yang dikembangkan tanpa sepenuhnya menanggalkan konsep dari teori lama yang telah ada. Seiring dengan kemajuan era digital, muncullah teori pembelajaran konektivisme (*connectivism*), yang dianggap relevan dengan kebutuhan pendidikan abad ke-21. Pembelajaran pada abad ini menekankan pada penguasaan keterampilan digital, kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, dan kolaborasi. Teori konektivisme hadir sebagai respons terhadap kebutuhan tersebut, dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip dari teori chaos, jaringan (*networking*), kompleksitas, dan kemampuan pengorganisasian diri (*self-organizing*) (Kontesa & Fauziati, 2022).

Berdasarkan uraian sebelumnya, teori pembelajaran konektivisme memiliki fleksibilitas untuk diterapkan pada berbagai mata pelajaran dan dalam beragam situasi, khususnya dalam konteks pembelajaran daring seperti saat ini, di mana seluruh komponen sistem pembelajaran saling terhubung melalui jaringan internet. Teori ini membawa dampak signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan, karena dengan membangun jaringan pembelajaran yang efektif,

peserta didik dapat mengembangkan pengetahuan dan keterampilan yang relevan dan aplikatif dalam berbagai bidang kehidupan mereka.

Menurut Andy Ariyanto *et al.* (2022), teori konektivisme memiliki sejumlah karakteristik utama dalam pembelajaran, antara lain:

1. Pengetahuan disebarluaskan melalui jaringan internet sebagai media utama;
2. Pembelajaran bersifat eksploratif, mendorong peserta didik untuk aktif mencari dan mengumpulkan informasi;
3. Informasi yang diperoleh digunakan sebagai dasar dalam membangun kerangka berpikir;
4. Gaya belajar bersifat fleksibel dan memungkinkan adaptasi yang mudah dalam berbagai jaringan atau lingkungan digital;
5. Proses pembelajaran, termasuk transfer pengetahuan, difasilitasi secara optimal melalui konektivitas dalam jaringan.

2.1.3 Teori Belajar *Vygotsky*

Teori yang dikemukakan oleh *Vygotsky* menekankan pentingnya aspek sosial dalam proses pembelajaran. Ia berpendapat bahwa proses belajar terjadi ketika seorang anak terlibat dalam aktivitas atau menyelesaikan tugas yang belum sepenuhnya ia kuasai, namun masih berada dalam jangkauan kemampuannya. Area ini dikenal sebagai zona perkembangan proksimal, yaitu wilayah perkembangan yang sedikit lebih tinggi dari kemampuan aktual yang telah dikuasai anak (Rohaendi & Laelasari, 2020). Dengan kata lain, tingkat perkembangan saat ini mencerminkan penguasaan terhadap pengetahuan yang telah dimiliki, sehingga memungkinkan terjadinya pembelajaran yang lebih bermakna apabila didorong melalui interaksi sosial dan dukungan dari lingkungan belajar.

Zona Perkembangan Proksimal merujuk pada kumpulan tugas yang masih terlalu kompleks untuk diselesaikan anak secara mandiri, namun dapat dikuasai dengan bantuan orang dewasa atau teman sebaya yang lebih berpengalaman (Aziz & Rokhmat, 2015). Salah satu konsep inti dalam teori *Vygotsky* adalah *scaffolding*, yaitu pemberian dukungan sementara kepada peserta didik selama proses belajar

berlangsung. Seiring dengan meningkatnya pemahaman siswa, dukungan tersebut secara bertahap dikurangi guna mendorong kemandirian. Bantuan dari guru dapat diwujudkan dalam berbagai bentuk, seperti petunjuk, penguatan, motivasi, atau penyajian ulang masalah dalam format yang lebih mudah dipahami. Dalam konteks ini, peran guru bertransformasi menjadi fasilitator dan pembimbing yang membantu siswa mencapai potensi belajarnya secara optimal (Lasmawan & Budiarta, 2020).

2.1.4 *e*-LKPD

Pembelajaran di abad ke-21 harus selalu beradaptasi dengan perkembangan zaman. Namun, kenyataannya, proses pembelajaran masih cenderung berpusat pada guru. Akibatnya, peserta didik menjadi pasif, suasana belajar monoton, dan mereka merasa bosan (Suryaningsih & Nurlita, 2021). Inovasi dalam bentuk Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (*e*-LKPD) sangat diperlukan untuk mengatasi masalah seperti kurangnya motivasi belajar, kebosanan saat pembelajaran berlangsung, dan rendahnya pemahaman siswa terhadap materi yang diberikan guru (Nababan & Putri, 2022).

E-LKPD merupakan salah satu bahan ajar yang sangat dibutuhkan oleh guru dan peserta didik dalam proses pembelajaran daring (Syafitri, 2020). Keunggulan *e*-LKPD terletak pada kemampuannya dalam mempermudah pembelajaran serta mengurangi keterbatasan ruang dan waktu, sehingga proses belajar menjadi lebih efektif. Selain itu, *e*-LKPD juga dapat berfungsi sebagai media yang menarik untuk meningkatkan minat belajar peserta didik yang menurun (Syafitri, 2020).

Penelitian mengenai pengembangan *e*-LKPD telah banyak dilakukan. Misalnya, penelitian oleh Andria Syafitri (2020) menekankan pentingnya pengembangan *e*-LKPD berbasis Contextual Teaching and Learning (CTL), meskipun penelitian tersebut masih terbatas pada satu pendekatan. Namun, kajian yang mereview pengembangan *e*-LKPD dengan menganalisis jurnal nasional dan internasional berdasarkan kesamaan serta perbedaannya masih sangat terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menghasilkan *e*-LKPD inovatif dalam pembelajaran sains. Selain itu, penting untuk memahami kebutuhan *e*-LKPD

inovatif dalam pembelajaran abad ke-21 dengan meneliti berbagai inovasi yang disesuaikan dengan tujuan dan kebutuhan pembelajaran.

Pembelajaran modern menempatkan multimedia sebagai sarana yang wajib dikembangkan. Namun, pemanfaatan media harus disesuaikan dengan karakteristik serta gaya belajar peserta didik Farman *et al.*, n.d.(2022) Salah satu media pembelajaran yang umum digunakan di sekolah adalah Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) (Lathifah *et al.*, 2021). LKPD berfungsi sebagai alat bantu dalam pembelajaran yang dirancang secara sistematis, mencakup ringkasan materi serta latihan soal yang bertujuan untuk membantu siswa mengasah keterampilan proses, menyelesaikan tugas, dan mempercepat pemahaman terhadap materi (Indrawan & Yudiana, 2022). Saat ini, LKPD telah mengalami perkembangan dengan inovasi berbasis teknologi, yang dikenal sebagai *e*-LKPD, untuk membuat pembelajaran lebih menarik dan interaktif.

E-LKPD adalah lembar kerja peserta didik dalam format elektronik yang dapat diakses kapan saja dan di mana saja melalui laptop atau smartphone (Apriliyani & Mulyatna, 2021). Media ini berperan sebagai alat bantu pembelajaran yang dirancang untuk meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses belajar (Jum *et al.*, 2023). Penggunaan *e*-LKPD dalam pembelajaran memberikan dampak positif, seperti membuat aktivitas belajar lebih menyenangkan, menciptakan interaksi yang lebih baik, serta memungkinkan siswa untuk lebih aktif dalam berlatih (Puspita *et al.*, 2021). Salah satu keunggulan *e*-LKPD adalah kemampuannya dalam menyederhanakan serta mengatasi keterbatasan ruang dan waktu, sehingga pembelajaran menjadi lebih efektif. Menurut (Sidik *et al.*, 2023), penggunaan *e*-LKPD mendapat respons yang sangat baik dari guru dan siswa, yang menilai bahwa media ini praktis dan layak digunakan. Sementara itu, penelitian oleh Indrawan & Yudiana, (2022) menunjukkan bahwa *e*-LKPD yang dikembangkan memiliki validitas tinggi, reliabilitas yang kuat, serta hasil pengujian yang sangat baik pada siswa, sehingga sangat direkomendasikan dalam proses pembelajaran.

Salah satu aplikasi yang dapat digunakan untuk membuat *e*-LKPD adalah Live Worksheet, sebuah platform berbasis web yang dapat diakses melalui <https://www.liveworksheets.com>. Aplikasi ini memiliki keunggulan karena

bersifat interaktif dan mampu meningkatkan motivasi belajar siswa. Bagi guru, *Live Worksheet* membantu menghemat waktu serta mengurangi penggunaan kertas. Melalui platform ini, siswa dapat mengerjakan LKS secara daring dan langsung mengirimkan jawabannya kepada guru (Miftahul Jannah & Arwadi, 2024). Penggunaan *e-LKPD* berbasis LKS terbukti dapat meningkatkan antusiasme siswa dalam belajar, mendorong kemandirian, membangun kepercayaan diri, serta menumbuhkan rasa ingin tahu yang lebih tinggi. Selain itu, *Live Workshseet* juga berkontribusi dalam meningkatkan aktivitas belajar serta kemampuan pemecahan masalah matematis siswa dengan hasil yang luar biasa (Khikmiyah, 2021). Penelitian menunjukkan bahwa *e-LKPD* berbasis *Live Worksheet* yang dikembangkan telah terbukti valid, praktis, dan efektif dalam mendukung kemampuan berpikir kritis siswa (Aulia *et al.*, 2021). Selain itu, media ini juga membantu siswa dalam memahami konsep (Dwi Amalia & Mustofa Lestyanto, 2021). Berkontribusi pada peningkatan kemampuan abstraksi (Yuwono *et al.*, 2024). Serta secara signifikan meningkatkan hasil belajar mereka (Firtsanianta & Khofifah, 2022)

Pada situs *Live Worksheet*, guru dapat menambahkan berbagai elemen multimedia, seperti video, gambar, audio, serta variasi jenis soal evaluasi. Platform ini memungkinkan pembuatan berbagai tipe soal, termasuk pilihan ganda, mencocokkan, menghubungkan, listening-speaking, dan drop-down (Indriani *et al.*, 2023). Proses pembuatan *e-LKPD* di *Live Worksheet* dimulai dengan mengunggah file *LKPD* dalam format PDF, yang kemudian dapat diedit menggunakan fitur yang tersedia di laman pengeditan. Salah satu keuntungan utama dari platform ini adalah kemudahan penggunaannya, karena mempermudah interaksi antara guru dan siswa dalam pembelajaran. Selain itu, tampilan visual yang menarik memberikan dorongan motivasi serta semangat bagi siswa untuk lebih aktif dalam proses belajar (Jannah & Arwadi, 2024). Siswa dapat mengakses situs ini melalui Google dan mengerjakan *LKPD* secara daring.

Dengan tampilan yang menarik, termasuk ilustrasi video yang menggambarkan kehidupan nyata, guru dapat membangkitkan semangat dan motivasi siswa dalam mengerjakan soal-soal yang terdapat dalam *e-LKPD*. Keunggulan lain dari *e-*

LKPD adalah ramah lingkungan karena tidak memerlukan penggunaan kertas- siswa hanya perlu menyediakan kuota internet untuk mengaksesnya. Selain itu, *e-LKPD* memungkinkan siswa untuk mengerjakan tugas kapan saja dan di mana saja, tidak terbatas pada jam sekolah, sehingga membantu guru dalam menghemat waktu mengajar di kelas. Guru juga dapat merancang tampilan visual *e-LKPD* agar lebih menarik, sehingga dapat meningkatkan antusiasme dan motivasi siswa dalam mengikuti pembelajaran. *Live Worksheet* sebagai salah satu platform pembuat *e-LKPD* dapat digunakan secara gratis oleh guru dan siswa. Dengan menggunakan situs ini, tugas yang dikerjakan siswa secara daring akan dikirimkan secara otomatis ke alamat *e-mail* guru yang telah dicantumkan dalam *e-LKPD* tersebut (Ilmy *et al.*, 2022).

2.1.5 STEM – PjBL

Model pembelajaran STEM-PjBL mengintegrasikan pendekatan berbasis inkuiri untuk mendorong siswa mengaitkan proyek dengan pengetahuan serta pengalaman yang telah dimiliki. Selain itu, model ini juga melatih siswa dalam mengomunikasikan hasil pembelajaran mereka (Stohlmann, 2020).

Pelaksanaan pembelajaran STEM-PjBL, yang berbasis teknologi dan desain rekayasa, memiliki dampak signifikan terhadap kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah (problem-solving). Model ini memungkinkan peserta didik untuk mengintegrasikan ilmu pengetahuan, teknologi, rekayasa, dan matematika, sehingga dapat meningkatkan keterampilan mereka dalam memecahkan masalah (Purwaningsih *et al.*, 2020). Menurut Laboy-Rush (2010), model pembelajaran STEM-PjBL memiliki tahapan atau sintaks pembelajaran yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Sintaks pembelajaran STEM-PjBL

Sintaks pembelajaran (1)	Aktivitas Pembelajaran (2)
<i>Reflection</i>	Tahap membawa peserta didik ke dalam konteks masalah dan memberikan inspirasi kepada peserta didik untuk mulai melakukan penyelidikan/investigasi.

Tabel 1. Lanjutan

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

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

Model pembelajaran STEM-PjBL (*Project-Based Learning* terintegrasi *Sains, Teknologi, Engineering, Matematika*) disebut dapat meningkatkan minat belajar siswa, membuat pembelajaran terasa lebih bermakna, serta membekali siswa untuk mengatasi masalah di kehidupan nyata maupun profesional (Tseng *et al.*, 2013). Menurut Stohlmann, (2020), ada beberapa keunggulan spesifik dari penggunaan model STEM-PjBL:

1. Aplikasi Pengetahuan dan Keterampilan pada Masalah Dunia Nyata:

Pembelajaran paling efektif terjadi saat siswa terlibat langsung mencari solusi untuk isu-isu otentik. Kemampuan menerapkan pengetahuan dan keterampilan untuk memecahkan masalah di luar kelas merupakan indikator tercapainya tujuan pengembangan keterampilan abad ke-21 (Fortus *et al.*, 2005). Ketika

materi ajar disajikan dalam konteks pemecahan masalah, bukan sekadar fakta, siswa lebih mudah mengingat dan mengaplikasikannya pada situasi baru di kemudian hari.

2. Peningkatan Motivasi Belajar: Motivasi siswa untuk belajar dapat tumbuh seiring perkembangan kemampuan mental mereka (Lind, 1999). Sifat proyek STEM yang terintegrasi secara alami merangsang imajinasi dan rasa ingin tahu siswa, sehingga motivasi belajar mereka pun meningkat.
3. Peningkatan Hasil Tes Matematika dan Sains: Siswa yang mengikuti pembelajaran STEM-PjBL cenderung menunjukkan peningkatan nilai, khususnya dalam aspek pemecahan masalah matematika tingkat tinggi dan keterampilan proses sains (Satchwell *et al.*, 2002)

Berdasarkan paparan tersebut, penulis menyimpulkan bahwa STEM-PjBL berkontribusi positif dalam meningkatkan minat belajar, menjadikan pembelajaran lebih bermakna, membantu siswa memecahkan masalah, mengembangkan pengetahuan dan keterampilan, serta meningkatkan motivasi dan nilai matematika dan sains.

2.1.6 Socio Scientific Issue (SSI)

Pendekatan *Socio-Scientific Issue (SSI)* adalah representasi masalah atau isu dalam kehidupan sosial yang secara konseptual sangat terkait dengan sains, di mana solusi atau jawabannya bersifat relatif (Astuti, 2021). SSI berperan sebagai penghubung dalam pembelajaran sains, yang tidak hanya dapat meningkatkan minat peserta didik terhadap sains, tetapi juga memperkuat keterampilan kerja kelompok, pemecahan masalah, serta meningkatkan kepekaan mereka terhadap media pembelajaran. Meskipun demikian, *Socio-Scientific Issue (SSI)* sering kali tidak tercakup dalam buku teks, padahal topik ini sangat penting karena dapat membuat pembelajaran sains lebih relevan dengan kehidupan sehari-hari. Selain itu, *Socio-Scientific Issue (SSI)* juga dapat mengarahkan hasil belajar seperti meningkatkan apresiasi terhadap sains, memperkuat kemampuan peserta didik dalam berargumen, serta meningkatkan kemampuan mereka dalam mengevaluasi data dan informasi ilmiah yang diperoleh, yang pada gilirannya berkontribusi pada literasi sains (Miranti & Refelita, 2023).

Peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa dapat dicapai melalui pendekatan *Socio-Scientific Issues (SSI)*, yang memungkinkan mereka untuk mengembangkan keterampilan kognitif dalam mengambil keputusan secara rasional terkait suatu permasalahan (Suwono *et al.* , 2023). Pendekatan *Socio-Scientific Issues (SSI)* mendorong siswa untuk mempertimbangkan prinsip-prinsip ilmiah yang mendasari suatu isu dan menganalisis data ilmiah yang dapat digunakan dalam proses negosiasi serta pengambilan keputusan terkait isu tersebut (Zeidler, 2009). Selain itu, melalui pendekatan *Socio-Scientific Issues (SSI)*, siswa didorong untuk mengidentifikasi permasalahan sosial yang relevan, berkolaborasi dalam menentukan solusi, mencari jawaban atas pertanyaan tertentu, serta menarik kesimpulan yang logis dan masuk akal (Wang *et al.*, 2017). Berdasarkan kajian tersebut, penulis menyimpulkan bahwa pendekatan *Socio-Scientific Issues (SSI)* dapat mengembangkan kemampuan kognitif peserta didik dalam menyelesaikan masalah secara rasional, dengan mempertimbangkan prinsip ilmiah serta menganalisis data yang berkaitan dengan isu atau permasalahan di lingkungan sekitar.

Secara umum, isu-isu yang termasuk dalam *Socio-Scientific Issues (SSI)* bersifat kontroversial dan sering kali memicu perdebatan. Hal ini dapat menjadi sarana bagi siswa untuk mengasah berbagai keterampilan, termasuk kemampuan berpikir kritis (Ke *et al.*, 2021). Menurut Rahayu & Fajaroh, (2016), pembelajaran berbasis *Socio-Scientific Issues (SSI)* dapat diterapkan melalui empat tahapan utama berikut:

1. Menyajikan isu dari perspektif ilmu pengetahuan (*Scientific Background*)
2. Mengevaluasi informasi terkait isu sosial dan sains yang diberikan (*Evaluation of Information*)
3. Menganalisis dampak isu tersebut dalam skala lokal, nasional, dan global (*Local, National, and Global Dimensions*)
4. Mengambil keputusan berdasarkan analisis terhadap isu sosial dan sains yang dipelajari (*Decision Making*)

Adapun lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

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

No (1)	Langkah-Langkah (2)	Kegiatan (3)
1	Menyajikan isu dari sudut pandang pengetahuan sains yang terkait (<i>Scientific Background</i>)	Siswa mampu memahami teori dasar materi yang terkait Siswa mampu menelaah mengenai teori yang sudah ditemukan oleh guru
2	Melakukan evaluasi isu sosial sains yang disajikan (<i>Evaluation of Information</i>)	Siswa memberikan opini apa yang ia dapatkan Siswa memberikan argumentasi ilmiah yang ia dapatkan ketika sudah dikaitkan dengan materi
3	Mengkaji dampak lokal, nasional dan global (Local, Nasional, and Global Dimension)	Guru memberi materi yang dikaitkan sering disorot oleh media nasional ataupun global dengan cara memberikan video stimulus atau studi kasus berupa video stimulus ataupun studi kasus dalam masyarakat
4	Membuat keputusan terkait isu sosial sains (decision making)	Guru membimbing siswa untuk melakukan perumusan solusi atas isu sosiosaintifik yang dimunculkan dalam diskusi

Sumber: (Yuliastini, Rahayu, and Fajaroh 2016)

2.1.7 *Entrepreneurial skill s*

Pembelajaran *entrepreneurial skill s* berperan dalam membantu siswa mengembangkan keterampilan komunikasi serta kemampuan bekerja dalam tim (Mulyono *et al.*, 2020). Konsep ini berkaitan dengan vocational skills, yang merupakan bagian dari ruang lingkup pendidikan kecakapan hidup (life skills). Vocational skills sendiri mengacu pada kemampuan untuk mengeksplorasi, memperoleh, serta memanfaatkan keterampilan dalam bekerja secara mandiri maupun dalam berwirausaha.

Pendidikan keterampilan *entrepreneurial skill s* dapat diberikan kepada peserta didik secara bertahap dengan mengimplementasikan teori yang dipelajari dalam bentuk praktik pembuatan produk (Kuswantoro, 2014). Oleh karena itu, model dan pendekatan pembelajaran harus dirancang secara tepat agar dapat menjadi jembatan dalam meningkatkan keterampilan serta produktivitas siswa, yang selaras dengan nilai-nilai kewirausahaan. Selain itu, efektivitas pembelajaran ini juga perlu didukung oleh sarana dan prasarana yang memadai. Aktivitas berbasis

entrepreneurial skill s memiliki dampak terhadap perekonomian dengan membangun fondasi ekonomi yang kuat serta menciptakan peluang kerja (Ilahiyyah *et al.*, 2021). Dalam hal ini, setiap individu perlu didorong untuk mengembangkan pola pikir dan keterampilan kewirausahaan, karena kedua aspek tersebut merupakan elemen krusial dalam menumbuhkan jiwa wirausaha (Kuswantoro, 2014).

Selain itu, konsep ini juga dapat diterapkan untuk mengembangkan keterampilan secara luas dan menyeluruh (Salun *et al.*, 2021). Berdasarkan penelitian sebelumnya, *entrepreneurial skill s* merujuk pada aktivitas serta pengetahuan praktis yang berkaitan dengan proses membangun dan mengelola bisnis (Sakib *et al.*, 2022). Dalam upaya menumbuhkan semangat kewirausahaan dan membentuk keterampilan berwirausaha, lingkungan keluarga menjadi faktor yang berpengaruh signifikan. Hal ini dikarenakan persepsi mahasiswa terhadap kinerja orang tua mereka sebagai wirausahawan dapat memengaruhi pola pikir serta motivasi mereka dalam mengembangkan jiwa kewirausahaan (Pudjiastuti *et al.*, 2024)

Penerapan prinsip dan metode dalam membentuk keterampilan hidup (*life skills*) bagi peserta didik dapat dilakukan melalui pengembangan kurikulum sekolah, salah satunya dengan memasukkan pendidikan kewirausahaan. Selain itu, kompetensi *entrepreneurial* yang diajarkan kepada siswa bertujuan untuk membentuk mereka menjadi individu yang lebih produktif dan efektif dalam menjalani kehidupan. Dengan memiliki keterampilan berwirausaha, siswa dapat menjadi pribadi yang lebih mandiri serta bertanggung jawab, baik dalam aspek kehidupan pribadi maupun sosial.

Menurut Maisah *et al.* (2020), pembentukan jiwa kewirausahaan yang kuat tidak hanya dimulai ketika anak memasuki usia sekolah, tetapi dapat ditanamkan sejak dini seiring dengan tahap perkembangan anak. Sebelum anak bersekolah, internalisasi nilai-nilai kewirausahaan dapat dilakukan melalui bimbingan orang tua dan anggota keluarga lainnya. Selanjutnya, ketika anak mulai bersekolah, guru dapat melanjutkan proses ini melalui berbagai pendekatan, baik dalam pembelajaran di dalam kelas maupun di luar kelas. Dalam kegiatan pembelajaran di kelas, guru dapat menerapkan model *Project-Based Learning (PjBL)* sebagai

strategi untuk mengenalkan konsep *entrepreneurial skill s* kepada peserta didik.

Dalam pengembangan karakter kewirausahaan melalui pembelajaran sains, konsep tridharma pendidikan dan tri sakti Dewantara menjadi landasan penting. Menurut Witjaksono (1995), tri sakti terdiri dari cipta, rasa, dan karsa yang menunjukkan kekuatan jiwa manusia dalam proses belajar dan berwirausaha. Konsep ini sejalan dengan pendapat Zimmerer yang menyatakan bahwa karakter kewirausahaan meliputi sifat positif seperti inovatif, percaya diri, bertanggung jawab, dan berani mengambil risiko, yang dapat dikembangkan melalui integrasi aspek-aspek tersebut dalam pembelajaran sains (Alma, 2013). Penggabungan konsep ini diharapkan dapat memunculkan karakter kewirausahaan pada siswa yang tidak hanya kompeten secara akademik, tetapi juga mampu beradaptasi dan berinovasi dalam menghadapi tantangan ekonomi dan sosial (Cepni *et al.*, 2017). Dengan demikian, penerapan model pembelajaran yang mengintegrasikan aspek kewirausahaan dalam sains dapat membantu menciptakan sumber daya manusia yang kreatif dan mandiri di masa depan (Nasution, 2016).

Indikator kompetensi *Entrepreneurial skill s* yang dijadikan sebagai ukuran dalam penelitian ini menurut Tri Sakti yaitu:

1. Create / idea / Knowledge
2. Feeling / instinct / attitude
3. Creation / action /skills

2.1.8 Energi Terbarukan

Seiring dengan pesatnya pembangunan di berbagai sektor, seperti industri, ekonomi, dan kependudukan, kebutuhan akan sumber energi terus meningkat (Anisa & Zainuri, 2020). Sebagai negara berkembang, Indonesia masih sangat bergantung pada ketersediaan energi sebagai elemen krusial dalam mendukung pertumbuhan dan pembangunan. Saat ini, pemenuhan kebutuhan listrik sebagian besar masih bergantung pada sumber energi tak terbarukan yang ketersediaannya terbatas (Halil, 2019). Oleh karena itu, pengelolaan berbasis proyek menjadi alternatif strategis dalam mewujudkan kemandirian dan ketahanan energi nasional. Berbasis proyek memiliki berbagai keunggulan, seperti biaya yang

relatif terjangkau, bersifat netral karbon, minim polusi, serta mendapatkan dukungan luas sebagai pengganti energi fosil yang tidak dapat diperbarui. Penerapan teknologi ini juga membuka peluang bagi masyarakat untuk lebih mandiri dalam memenuhi kebutuhan energinya sendiri. Sumber berbasis proyek berasal dari elemen-elemen alam yang melimpah di bumi, seperti cahaya matahari, angin, aliran sungai, dan tumbuhan (Silitonga & Husin, 2020)

Pengembangan berbasis proyek melalui pembuatan *briquette* menjadi salah satu solusi inovatif untuk menjawab kebutuhan energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Briquette dianggap sebagai sumber energi yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar fosil seperti batu bara dan kayu bakar. Dengan meningkatnya kesadaran akan dampak pemanasan global dan terbatasnya sumber daya fosil, briquette muncul sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan (Faizal *et al.*, 2022)

Produksi briket yang menggunakan bahan baku dari limbah merupakan langkah menuju keberlanjutan. Proses ini mendukung prinsip sustainable development dengan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi karbon yang terkait dengan pembakaran bahan bakar tersebut. Dengan menggunakan biomassa sebagai alternatif, potensi dampak negatif terhadap lingkungan dapat diminimalkan (Sitogasa *et al.*, 2022).

TKKS merupakan limbah hasil pengolahan kelapa sawit yang kaya akan komponen lignoselulosa, termasuk lignin, selulosa, holoselulosa, abu, dan pectin. Komposisi ini menjadikan TKKS sebagai bahan baku potensial untuk produksi energi terbarukan Erivianto *et al.*, (2022). N. Amalia *et al.*, (2022) menyatakan bahwa kandungan tepung kanji berpengaruh terhadap kadar volatile matter dalam briket. Proses pembuatan briket melibatkan penghalusan bahan baku, pencampuran dengan perekat, dan pengeringan untuk menciptakan produk akhir yang optimal. Beberapa metode teknis dan jenis perekat (seperti kanji dan air tebu) telah diteliti untuk menentukan kombinasi terbaik dalam pembuatan briket.

TKKS adalah limbah padat dari pengolahan kelapa sawit yang dapat dimanfaatkan tidak hanya sebagai pupuk tetapi juga sebagai bahan baku briket.

Dalam hal ini, TKKS memberikan alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan penggunaan kayu bakar, yang dapat merusak ekosistem hutan (Dhora & Sihotang, 2022). Adapun berbasis proyek yang akan dimanfaatkan dalam penelitian ini berupa *briquettes* dengan bahan tandan kosong kelapa sawit.

2.1.9 Berpikir Kritis (*Critical Thinking*)

Berpikir kritis merupakan proses berpikir reflektif dan rasional yang berfokus pada pengambilan keputusan mengenai apa yang harus diyakini atau dilakukan (Ennis, 2012). Dari definisi ini, dapat dipahami bahwa berpikir kritis adalah suatu proses yang dilakukan secara sadar dengan tujuan yang jelas. Tujuan utama dari keterampilan ini adalah untuk menganalisis dan mengevaluasi informasi secara mendalam, sehingga memungkinkan seseorang membuat keputusan yang tepat (Raudhah *et al.*, 2019). Selain itu, berpikir kritis menjadi keterampilan fundamental bagi siswa dalam menguasai berbagai kompetensi lainnya, seperti komunikasi, kolaborasi, pemahaman global, pemanfaatan teknologi, keterampilan hidup (*life skills*), serta kemampuan belajar dan berinovasi (Fadiawati *et al.*, 2022.).

John Dewey, seorang filsuf dan pemikir pendidikan asal Amerika, merupakan tokoh pertama yang memperkenalkan istilah "berpikir kritis" sebagai tujuan dalam pendidikan (Chen, 2021). Ia mengembangkan teori *Learning by Doing*, yang menekankan bahwa dalam proses pembelajaran, peserta didik harus mengalami langsung apa yang mereka pelajari dengan melakukan tindakan nyata dalam situasi sesungguhnya. Selain itu, Dewey juga menekankan pentingnya keterlibatan siswa secara spontan dalam proses belajar. Rasa keingintahuan terhadap hal-hal yang belum mereka ketahui akan mendorong siswa untuk terlibat secara aktif dalam pembelajaran (Dewey, 1938)

Dalam pendidikan sains, berpikir kritis memiliki peran penting dalam penerapan konsep sains secara bertanggung jawab dalam masyarakat serta berkontribusi terhadap peningkatan pembelajaran sains bagi siswa (Santos, 2017). Oleh karena itu, pendidik diharapkan mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa (Thorndahl & Stentoft, 2020). Dalam hal ini, pendidik tidak hanya

memberikan jawaban atas suatu permasalahan, tetapi juga mengajarkan siswa bagaimana cara berpikir untuk menemukan solusi secara mandiri (Velez & Power, 2020). Siswa didorong untuk mengasah keterampilan berpikir kritis ketika dihadapkan dengan fenomena sains dalam kehidupan sehari-hari. Melalui proses pemecahan masalah yang didasarkan pada rasa ingin tahu, pola pikir terbuka, serta pendekatan analitis dan sistematis, mereka dapat menemukan solusi yang tepat (Pnevmatikos *et al.*, 2019).

Norris dan Ennis, sebagaimana dikutip dalam Stiggins, (1998) menyarankan bahwa esensi dari berpikir kritis dapat dipahami melalui lima langkah utama berikut:

1. Mengidentifikasi dan mengklarifikasi isu dengan mengajukan pertanyaan-pertanyaan kritis.
2. Mengumpulkan informasi relevan yang berkaitan dengan isu yang sedang dibahas.
3. Menganalisis secara logis dari berbagai perspektif atau sudut pandang yang berbeda.
4. Melakukan evaluasi lebih lanjut dengan mengumpulkan informasi tambahan dan memperdalam analisis jika diperlukan.
5. Membuat keputusan yang didasarkan pada pemikiran yang telah dilakukan serta mengomunikasikannya secara efektif.

Norris dan Ennis mendefinisikan berpikir kritis sebagai proses berpikir yang logis dan reflektif, dengan fokus pada pengambilan keputusan mengenai tindakan yang harus dilakukan. Menurut mereka, pemikiran ini dianggap logis karena tidak dilakukan secara sembarangan, melainkan bertujuan untuk menghasilkan kesimpulan terbaik berdasarkan informasi yang tersedia. Selain itu, berpikir kritis juga bersifat reflektif, karena melibatkan kesadaran penuh dalam mencari solusi yang paling tepat. Dengan demikian, menurut Norris dan Ennis, berpikir kritis adalah proses yang terarah dan bertujuan, yaitu untuk menemukan langkah atau kesimpulan terbaik dalam suatu konteks tertentu.

Menurut Norris dan Ennis, analisis proses berpikir melibatkan pengumpulan data dan penerapan standar penilaian yang sesuai untuk mengevaluasi suatu aksi dari

beragam sudut pandang. Proses penalaran dalam kerangka mereka ini dijabarkan menjadi lima langkah pada Tabel 3.

Tabel 3. Kerangka Berpikir menurut Norris dan Ennis (Stiggins, 1998)

Langkah dalam Proses (1)	Berpikir yang diperlukan (2)
Melakukan Klarifikasi Dasar dari Masalah	Memahami masalah yang ada Menganalisis poin dari sudut pandang Mengajukan dan menjawab pertanyaan yang mengklarifikasi dan menantang
Langkah dalam Proses	Berpikir yang diperlukan
Mengumpulkan Informasi Dasar	Menilai kredibilitas berbagai sumber informasi Mengumpulkan dan menilai informasi
Membuat Kesimpulan	Membuat dan menilai keputusan dengan menggunakan informasi yang tersedia Membuat dan menilai tindakan yang akan dilakukan Membuat dan menilai value judgement
Melakukan Klarifikasi Lanjutan	Mendefinisikan istilah dan menilai definisi sesuai kebutuhan Mengidentifikasi asumsi
Mendapatkan Kesimpulan Terbaik	Memutuskan suatu tindakan Mengkomunikasikan keputusan kepada orang lain

Kerangka berpikir kritis Norris dan Ennis menggambarkan penalaran sebagai suatu proses yang rumit dan membutuhkan perpaduan berbagai jenis pemikiran. Karena kompleksitas ini, diperlukan asesmen khusus untuk mengevaluasi penalaran siswa menurut kerangka tersebut. Penilaian kinerja adalah salah satu metode yang bisa digunakan; caranya dengan memberikan siswa suatu masalah untuk dipecahkan (sendiri atau berkelompok), lalu mengamati proses mereka dan menilai berdasarkan kriteria keterampilan berpikir kritis. Selain itu, penalaran siswa juga dapat diukur melalui interaksi langsung, seperti mengajukan pertanyaan-pertanyaan kunci saat mereka sedang menyelesaikan masalah. Kedua metode ini efektif untuk mengukur kemampuan berpikir kritis siswa.

2.1.10 Penelitian yang relevan

Penelitian yang relevan mengenai Pengembangan *e*-LKPD Berbasis proyek berbasis SSI Terintegrasi PjBL-STEM untuk melatih ketrampilan berpikir kritis dan *Entrepreneurial skill* Peserta Didik. disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Penelitian yang Relevan

No. (1)	Nama Peneliti/ Tahun (2)	Judul (3)	Hasil Penelitian (4)
1	Aulia Salsabilla, Ida Kaniawati* & Winny Liliawati. (2024).	Development of <i>e</i> -LKPD Based on STEM to Enhance Students' Critical Thinking Skills on Topic of Renewable Energy	Penelitian menunjukkan bahwa <i>e</i> -LKPD berbasis STEM pada materi berbasis proyek layak dan efektif digunakan, dengan <i>N-Gain</i> keterampilan berpikir kritis sebesar 0,68 (kategori sedang). Rata-rata respons siswa mencapai 73,6% (kategori baik), meningkatkan semangat belajar dan mengurangi kebosanan. Secara keseluruhan, <i>e</i> -LKPD ini berhasil meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan mendapat umpan balik positif.
2	Leony Margaretha, Feri Tiona Pasaribu, Yelli Ramalisa. (2024)	Pengembangan <i>E</i> -LKPD Berbasis STEM Berbantuan Video Animasi untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan <i>E</i> -LKPD berbasis STEM yang dibantu video animasi berhasil meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA. Validasi materi mencapai 82,5% dan desain 92,7%, keduanya tergolong "sangat valid." Selain itu, uji praktikalitas oleh guru dan siswa masing-masing mendapatkan nilai 85% dan 92,1%, yang juga tergolong "sangat praktis." Efektivitas pembelajaran tercermin dari respons siswa yang mencapai 86,2% dan nilai gain 59,8%, yang dinilai "sedang." Dengan demikian, <i>E</i> -LKPD yang dikembangkan memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif, serta layak digunakan dalam proses pembelajaran di kelas.
3	Sahertian, D. P., & Hidayati, S. N. (2022).	Analisis keterampilan pemecahan masalah siswa berbantuan artikel <i>socio-scientific issue</i> pada materi energi alternatif	Dengan rata-rata persentase respons mencapai 86% (kategori sangat baik), dapat disimpulkan bahwa siswa memberikan tanggapan yang sangat positif terhadap proses belajar menggunakan artikel <i>socio-scientific issue</i> (SSI).

Tabel 4. Lanjutan

4	(Ke <i>et al.</i> , 2021)	Developing and Using Multiple Models to Promote Scientific Literacy in the Context of Socio-Scientific Issues	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan pendekatan pembelajaran SSI yang melibatkan penggunaan berbagai model pembelajaran saintifik yang mendorong pemahaman siswa tentang fenomena yang relevan dengan isu yang ada dimasyarakat, dan membantu siswa menggunakan pengetahuan saintifik yang dimiliki dalam konteks sosial yang lebih luas, sehingga dapat menjembatani pengetahuan disiplin ilmu dan pengambilan keputusan sehari-hari serta memiliki implikasi penting dalam pengajaran.
5	Ilahiyyah (2022)	Implementasi Project-based Learning untuk Meningkatkan Entrepreneurial Mindset dan <i>Entrepreneurial skills</i> pada Siswa SMK Nurul Islam	PJBL menghasilkan output pengembangan produk dari setiap tim yang dibentuk dan sesuai dengan Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM). Oleh karena itu, PJBL berperan penting untuk meningkatkan entrepreneurial mindset dan <i>entrepreneurial skill</i> peserta didik dalam mengasah proses pengetahuan dan ketrampilan mereka menjadi entrepreneur.
6	Tatsar, M. Z., Rohman, D. C., & Salamah, U. (2023).	Analisis Kemampuan Kreativitas Siswa Berbasis Proyek Berbantuan Model Pembelajaran Project Based Learning pada Kurikulum Merdeka.	Sebagai pelajar, kita perlu memiliki kepekaan terhadap lingkungan sekitar dan memiliki keberanian untuk menjelajahi hal-hal baru. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan model pembelajaran Project Based Learning, yang memiliki manfaat tidak hanya bagi diri kita sendiri, tetapi juga bagi orang lain melalui penggunaan sumber daya energi disekitar kita

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

1. Produk yang dikembangkan dari penelitian berupa perangkat pembelajaran yang kemudian disebut dengan *e-LKPD* berbasis proyek pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skills* pada topik energi terbarukan.
2. Media pembelajaran *e-LKPD* yang dikembangkan berbantuan platform Canva

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

2.2 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran ini disusun berdasarkan permasalahan pembelajaran IPA pada topik energi terbarukan yang menunjukkan masih rendahnya pengembangan keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneur skill* peserta didik. Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, ditemukan bahwa sebagian besar guru masih mengalami miskonsepsi dalam mengimplementasikan sintaks model Project Based Learning (PjBL), khususnya dalam mengaitkan materi energi terbarukan dengan konteks kehidupan nyata dan potensi pemanfaatannya. Selain itu, meskipun penggunaan media dan LKPD sudah cukup tinggi, sebagian besar LKPD yang digunakan belum sepenuhnya dirancang secara mandiri dan belum secara optimal mengukur serta menstimulasi keterampilan berpikir kritis siswa. Kondisi ini berdampak pada rendahnya keberanian guru dalam melibatkan peserta didik pada aktivitas pembelajaran kontekstual di luar kelas.

Di sisi lain, pembelajaran abad ke-21 menuntut adanya inovasi pembelajaran yang tidak hanya berfokus pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi, kemampuan pemecahan masalah, kolaborasi, serta jiwa kewirausahaan. Model PjBL-STEM dipandang sebagai pendekatan yang relevan karena mampu mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam kegiatan berbasis proyek yang kontekstual. Namun, agar pembelajaran lebih bermakna dan berorientasi pada isu nyata, diperlukan strategi pembelajaran yang mampu mengaitkan aspek ilmiah dengan permasalahan sosial yang dekat dengan kehidupan peserta didik.

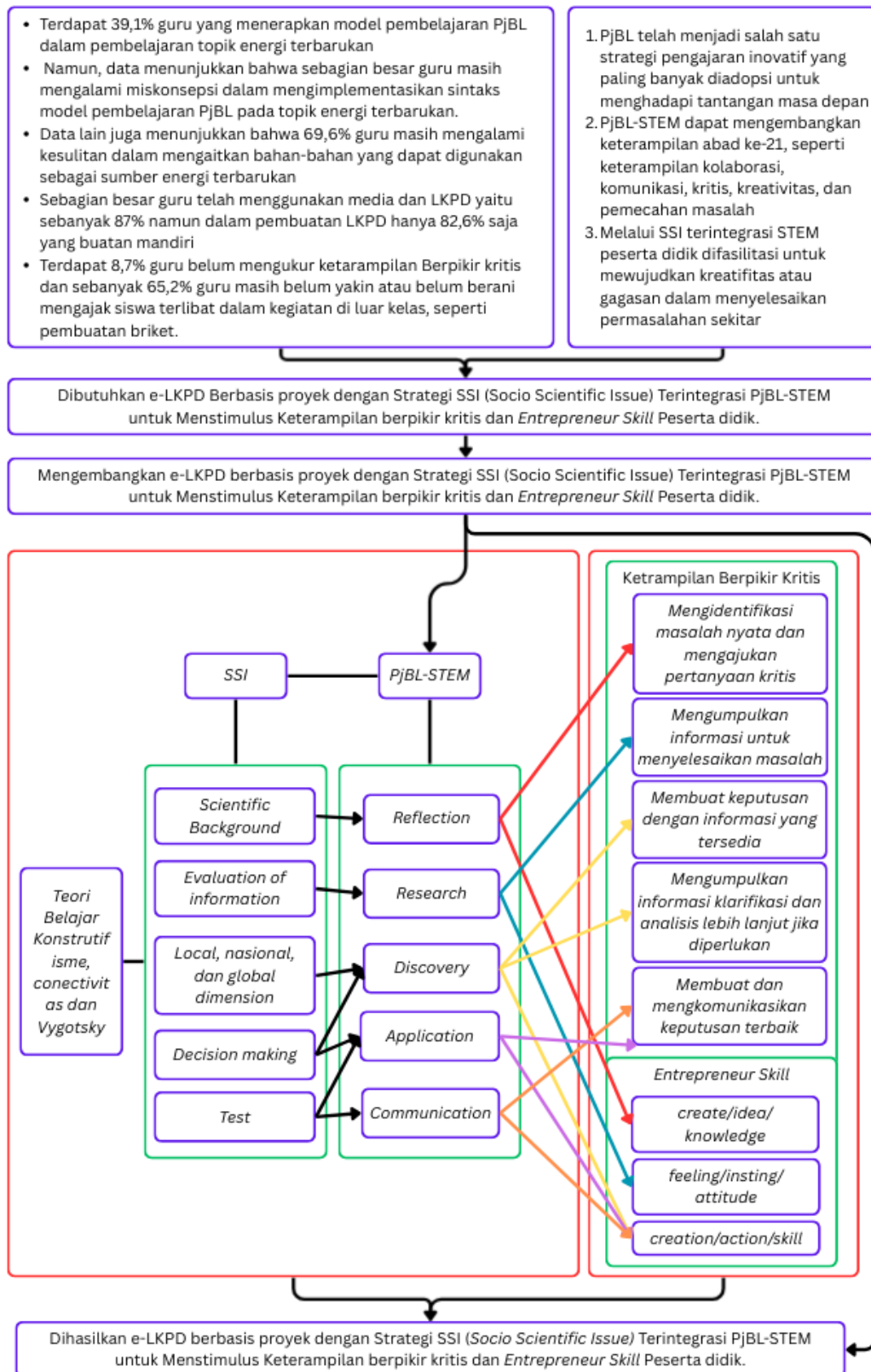
Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini memandang perlu dikembangkan *e-LKPD* berbasis proyek dengan pendekatan *Socio Scientific Issue* (SSI) terintegrasi PjBL-STEM. Pengembangan *e-LKPD* ini berlandaskan pada teori belajar konstruktivisme, konektivisme, serta teori perkembangan kognitif Vygotsky, yang

menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif melalui interaksi sosial, pengalaman belajar, dan pemecahan masalah kontekstual.

Pendekatan SSI dalam *e-LKPD* ini dirancang melalui beberapa tahapan, yaitu *scientific background, evaluation of information, local, national, and global dimension, decision making*, dan *test*. Tahapan-tahapan tersebut mendorong peserta didik untuk memahami latar belakang ilmiah suatu isu, mengevaluasi informasi dari berbagai sumber, mengkaji isu dalam konteks lokal hingga global, serta mengambil keputusan berbasis bukti ilmiah. Proses ini selanjutnya diintegrasikan dengan sintaks PjBL-STEM yang meliputi *reflection, research, discovery, application*, dan *communication*, sehingga peserta didik terlibat secara aktif dalam perencanaan, pelaksanaan, hingga penyajian hasil proyek.

Integrasi antara pendekatan SSI dan PjBL-STEM ini dirancang untuk secara langsung menstimulasi keterampilan berpikir kritis peserta didik, yang meliputi kemampuan mengidentifikasi masalah nyata dan mengajukan pertanyaan kritis, mengumpulkan serta menganalisis informasi untuk menyelesaikan masalah, membuat keputusan berdasarkan data yang tersedia, melakukan klarifikasi dan analisis lanjutan, serta menyusun dan mengomunikasikan keputusan terbaik secara logis. Selain itu, pembelajaran berbasis proyek yang kontekstual juga diarahkan untuk mengembangkan *entrepreneur skill*, yang mencakup aspek kreativitas ide dan pengetahuan, sikap dan motivasi kewirausahaan, serta keterampilan dalam menciptakan produk atau tindakan nyata yang bernilai guna.

Dengan demikian, melalui pengembangan dan penerapan *e-LKPD* berbasis proyek dengan strategi SSI terintegrasi PjBL-STEM, diharapkan dapat dihasilkan perangkat pembelajaran yang mampu menstimulasi keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneur skill* peserta didik secara optimal, khususnya pada materi energi terbarukan, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna, kontekstual, dan relevan dengan kebutuhan abad ke-21.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

Berdasarkan kerangka pemikiran pada Gambar 1, diketahui bahwa kesenjangan antara masalah di lapangan dengan kondisi yang seharusnya berkenaan dengan pembelajaran pada topik berbasis proyek untuk kemudian ditawarkan solusi berupa pengembangan *e-LKPD*. *E-LKPD* yang dimaksud adalah menggunakan pendekatan SSI (*Socio Scientific Issue*) Terintegrasi PjBL-STEM untuk Meningkatkan Keterampilan berpikir kritis dan *Entrepreneurial skill* Peserta didik. ditinjau dari ketercapaian indikator dua keterampilan tersebut pada setiap aktivitasnya.

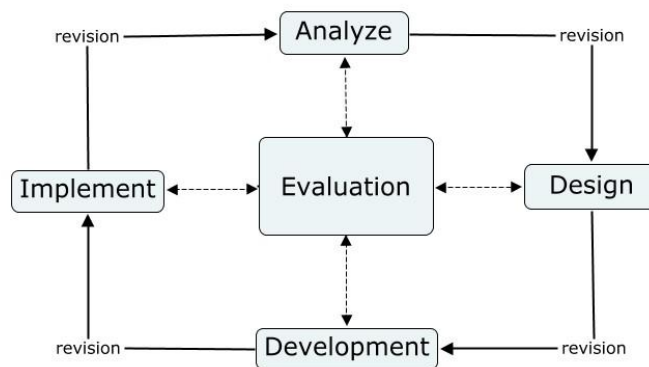
2.3 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini adalah Implementasi *e-LKPD* berbasis SSI pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skills* siswa SMK.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian Pengembangan

Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*). Proses penelitian mengikuti langkah-langkah umum dalam desain instruksional berdasarkan model ADDIE sebagaimana dijelaskan oleh Branch (2010), yang ditunjukkan pada Gambar 2.



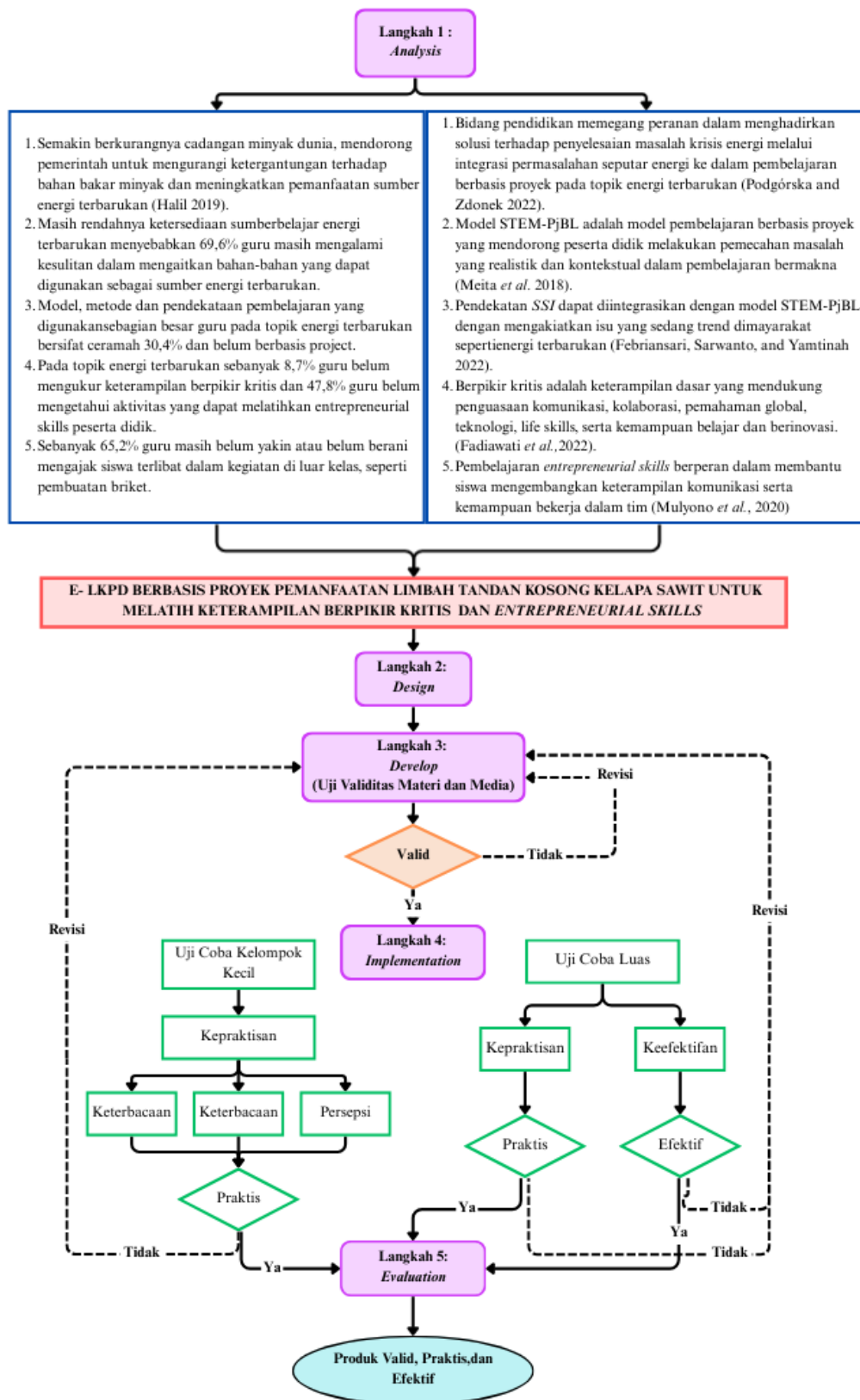
Gambar 2.Konsep ADDIE

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan produk berupa RPP, *e*-LKPD, berbasis *Socio-Scientific Issues* (SSI) yang terintegrasi dengan pendekatan STEM dan Project-Based Learning (PjBL) pada materi berbasis proyek. Produk ini dirancang untuk mendorong keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill* peserta didik. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan (*Research and Development*), yang mencakup proses pembuatan serta pengujian efektivitas

produk. Dalam proses pengembangan bahan ajar, peneliti memanfaatkan platform *Canva* sebagai media desain dan penyusunan materi.

3.2 Prosedur Pengembangan

Prosedur pengembangan merupakan rangkaian langkah sistematis yang ditempuh peneliti untuk merancang dan menghasilkan suatu produk pembelajaran. Dalam penelitian ini, tahapan pengembangan mengacu pada model ADDIE yang dikemukakan oleh Branch (2010), yang terdiri dari lima tahap utama: analisis (*Analysis*), perancangan (*Design*), pengembangan (*Development*), implementasi (*Implementation*), dan evaluasi (*Evaluation*). Rangkaian prosedur ini menjadi dasar dalam merancang program pembelajaran, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Prosedur Pengembangan

Berdasarkan Gambar 3, tahapan prosedur pengembangan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Tahap Analisis (*Analysis*)

Pada tahap awal ini, dilakukan analisis kebutuhan guru untuk memperoleh informasi mendalam terkait pembelajaran IPA, khususnya pada topik berbasis proyek. Analisis mencakup pemetaan kesulitan belajar peserta didik, media dan metode pembelajaran yang digunakan, bahan ajar yang tersedia, tujuan pembelajaran, serta kompetensi yang diharapkan setelah peserta didik mempelajari materi tersebut. Selain itu, diidentifikasi pula permasalahan yang muncul selama proses pembelajaran di lapangan, beserta kemungkinan solusi untuk mengatasinya. Data dikumpulkan melalui *Google Form*, dengan responden yang dipilih berdasarkan kesediaan untuk mengisi angket. Hasil dari kuesioner tersebut dianalisis secara persentase dan diinterpretasikan secara kualitatif. Tahap ini juga dilengkapi dengan kajian literatur yang mengulas pendekatan *Socio Scientific Issue* (SSI), model STEM-PjBL, keterampilan berpikir kreatif, serta literasi sains dari artikel-artikel ilmiah yang relevan.

2. Tahap Desain (*Design*)

Tahap perancangan meliputi beberapa kegiatan penting, di antaranya:

- a. Perumusan tujuan pembelajaran serta penyusunan kerangka Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), *e-LKPD* yang dirancang untuk merangsang keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skills* melalui pendekatan SSI yang terintegrasi dengan STEM-PjBL.
- b. Penetapan sistematika penyajian materi, termasuk pengaturan ilustrasi dan visualisasi agar menarik dan mudah dipahami.
- c. Penyusunan draft awal produk berupa RPP, *e-LKPD* dengan menampilkan tampilan sampul yang menarik, pemetaan konsep materi, serta penggunaan gambar yang sesuai dengan topik. Di tahap ini, peneliti juga menyusun instrumen kepraktisan bagi peserta didik dan guru, instrumen validasi produk, serta soal tes untuk mengukur keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skills*.

3. Tahap Pengembangan (*Developmen*)

Pada tahap pengembangan, draft produk dan instrumen yang telah dirancang sebelumnya divalidasi oleh para ahli (validator). Proses desain produk mengacu pada hasil kajian teori dan temuan-temuan dari penelitian terdahulu yang relevan dengan pengembangan RPP, *e*-LKPD yang efektif. Desain produk disesuaikan dengan indikator dalam pendekatan SSI terintegrasi STEM-PjBL, yang bertujuan untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *enterpreneurial skills*. Validasi dilakukan dengan menggunakan instrumen berupa angket skala Likert empat tingkat, yakni: (1) tidak layak, (2) kurang layak, (3) layak, dan (4) sangat layak. Berdasarkan masukan dari validator, produk *e*-LKPD kemudian direvisi. Selain itu, dikembangkan pula instrumen untuk mengukur keterampilan berpikir kritis dan *enterpreneurial skills*, yang kemudian diuji cobakan pada peserta didik yang telah memperoleh pembelajaran mengenai berbasis proyek. Hasil dari uji coba ini digunakan untuk menentukan reliabilitas soal, dan soal-soal dengan reliabilitas tinggi selanjutnya digunakan dalam *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen maupun kontrol.

4. Tahap Implementasi (*Implementation*)

Pada tahap ini, dilakukan uji coba penerapan produk melalui metode eksperimen kuasi dengan desain “Non-equivalent Pretest–Posttest Control Group Design”. Proses implementasi dilakukan pada dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen yang menerima pembelajaran menggunakan pendekatan SSI terintegrasi STEM-PjBL, dan kelompok kontrol yang hanya menggunakan pendekatan SSI. Uji coba ini dilaksanakan secara terbatas guna menilai efektivitas RPP, *e*-LKPD, dalam melatih keterampilan berpikir kritis dan *enterpreneurial skills* peserta didik.

Langkah-langkah implementasi mencakup:

- a. Pertama, pengujian terhadap kepraktisan RPP, *e*-LKPD melalui instrumen penilaian daya tarik dan keterbacaan dari sudut pandang peserta didik.
- b. Kedua, pengujian keefektifan produk dilakukan dengan menggunakan tes untuk mengukur keterampilan berpikir kritis dan *enterpreneurial skills*. Hasil implementasi dianalisis menggunakan software SPSS, dengan metode statistik seperti analisis deskriptif, uji Kolmogorov-Smirnov, Wilcoxon Rank Test, Uji

Mann-Whitney, dan penghitungan peningkatan *N-Gain* .

5. Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi kepraktisan dan efektivitas produk yang telah dikembangkan, yakni *e-LKPD* dalam meningkatkan berpikir kritis dan *enterpreneurial skills* siswa setelah pembelajaran pada topik berbasis proyek.

Data yang dikumpulkan meliputi:

- a. Hasil angket respon peserta didik setelah menggunakan *e-LKPD* serta data hasil posttest. Angket diberikan oleh guru setelah proses pembelajaran untuk mengetahui tanggapan peserta didik terhadap produk pembelajaran yang digunakan.
- b. Uji keefektifan produk dilakukan melalui analisis data tes dengan menggunakan program SPSS, yang disesuaikan dengan materi berbasis proyek sebagai fokus utama *e-LKPD* yang dikembangkan.

Refleksi pembelajaran dilakukan untuk mengetahui kesan dan pengalaman peserta didik selama proses pembelajaran, termasuk aspek yang dianggap sudah baik maupun yang perlu diperbaiki dalam pengembangan pembelajaran berbasis proyek di masa mendatang.

3.3 Instrumen Penelitian

Dalam penelitian pengembangan ini, terdapat beberapa instrumen yang digunakan, antara lain angket analisis kebutuhan, skala penilaian, serta instrumen untuk pretest dan posttest. Berikut penjelasannya:

1. Angket Analisis Kebutuhan

Instrumen ini digunakan untuk menggali informasi dari guru dan peserta didik terkait potensi serta permasalahan yang dihadapi dalam proses pembelajaran, khususnya pada materi berbasis proyek. Angket ini memuat sejumlah pertanyaan yang dirancang untuk mengetahui kondisi pembelajaran fisika di kelas, guna mengidentifikasi kebutuhan yang mendasari pengembangan produk.

2. Skala Penilaian

Skala penilaian dalam penelitian ini mencakup beberapa jenis, yaitu skala validasi, skala uji kemenarikan, dan skala keterbacaan. Skala Validasi diisi oleh

tiga orang validator ahli, dengan tujuan untuk menilai kelayakan produk yang dikembangkan agar dapat digunakan sebagai media pembelajaran oleh guru. Penilaian dilakukan menggunakan skala Likert yang disesuaikan dari Ratumanan & Laurent (2011:131), sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Skala Likert pada Skala Validasi

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

Skala ini diisi oleh peserta didik yang telah mengikuti pembelajaran menggunakan *e- LKPD* dalam pembelajaran berbasis pendekatan *Socio Scientific Issue* (SSI) yang terintegrasi dengan model STEM-PjBL. Tujuan dari pengisian skala ini adalah untuk menilai tingkat kepraktisan produk yang dikembangkan, berdasarkan pengalaman langsung siswa dalam proses pembelajaran. Penilaian dilakukan menggunakan skala Likert yang telah disesuaikan dari Ratumanan & Laurent (2011:131), sebagaimana ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Skala Likert pada Skala Keterbacaan dan Kemenarikan

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

Instrumen *pretest* dan *posttest* yang digunakan dalam penelitian ini berupa soal tes yang dirancang untuk mengukur keterampilan berpikir kritis dan *enterpreneurial skills* peserta didik pada materi berbasis proyek. Tes ini diberikan kepada peserta didik baik di kelas eksperimen maupun kelas kontrol, sebelum dan sesudah pelaksanaan pembelajaran, guna mengetahui peningkatan kemampuan setelah mengikuti intervensi pembelajaran.

3.4 Teknik Analisis Data

Penelitian ini menerapkan pendekatan metode campuran (mixed method), yakni perpaduan antara pendekatan kualitatif dan kuantitatif (Fetters *et al.*., 2013).

Teknik analisis data dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut.

1. Data Validitas

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

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

Hasil presentase yang diperoleh dikonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari (Arikunto, 2011) seperti yang terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Konversi Skor Penilaian Kevalidan Produk

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

Berdasarkan Tabel 7, peneliti memberi batasan bahwa produk yang dikembangkan terkategori valid jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 60% dengan kriteria validitas sedang.

2. Data Kepraktisan

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

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

Hasil presentase yang diperoleh dikonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi

dari (Arikunto, 2011) seperti yang terlihat di Tabel 8.

Tabel 8. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan Produk

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

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

3. Data Validitas dan Reliabilitas Instrumen Tes (keterampilan berpikir kreatif dan *scientific literacy*) Validitas dan reliabilitas instrumen pada penelitian ini dianalisis dengan menggunakan *Software Anates*.
 - a. Validitas instrumen merujuk pada sejauh mana interpretasi terhadap skor tes dapat dianggap benar atau dapat dipercaya (Rosidin, 2017). Untuk menilai validitas konstruk, dilakukan perbandingan antara nilai output r_{xy} dan nilai r_{tabel} pada tingkat signifikansi 5%, setelah terlebih dahulu menentukan derajat kebebasan (df), yaitu dengan rumus $N - 2$. Kategori validitas lapangan ditentukan berdasarkan hasil perbandingan antara r_{xy} dan r_{tabel} , yang penjelasannya tercantum pada Tabel 9. Sementara itu, kriteria dari koefisien korelasi dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 9. Kriteria Kevalidan Instrumen Tes

Ketentuan Nilai r_{tabel} (1)	Kategori (2)
$r_{xy} \geq r_{tabel}$	Valid
$r_{xy} < r_{tabel}$	Tidak Valid

Tabel 10. Kriteria Koefisien Korelasi

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

Tabel 10. Lanjutan

$0,60 < r_{xy} \leq 0,79$	Tinggi
$0,40 < r_{xy} \leq 0,59$	Cukup
$0,20 < r_{xy} \leq 0,39$	Rendah
$0,00 < r_{xy} \leq 0,19$	Sangat Rendah

b. Reliabilitas Instrumen

Pengujian reliabilitas bertujuan untuk mengetahui tingkat konsistensi atau keandalan suatu tes. Sebuah tes dikatakan memiliki reliabilitas yang tinggi apabila mampu menghasilkan skor yang stabil dalam kondisi yang serupa (Arikunto, 2011). Dalam penelitian ini, tes hanya diuji satu kali, dan reliabilitasnya dianalisis menggunakan bantuan software AnatesV4. Hasil analisis tersebut kemudian dikategorikan berdasarkan nilai koefisien korelasi reliabilitas yang ditampilkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Kriteria Koefisien Korelasi

Ketentuan Nilai r_{tabel} (1)	Kategori (2)
$0,80 < r_{xy} \leq 1,0$	Sangat Tinggi
$0,60 < r_{xy} \leq 0,79$	Tinggi
$0,40 < r_{xy} \leq 0,59$	Cukup
$0,20 < r_{xy} \leq 0,39$	Rendah
$0,00 < r_{xy} \leq 0,19$	Sangat Rendah

Data efektivitas diperoleh dari hasil skor pretest dan posttest yang diberikan kepada peserta didik di dua kelompok, yaitu kelas eksperimen yang mengikuti program pembelajaran berbasis pendekatan *Socio Scientific Issue* (SSI) terintegrasi dengan model STEM-PjBL, serta kelas kontrol yang menjalani pembelajaran konvensional. Perbedaan perlakuan antara kedua kelas tersebut dimaksudkan untuk mengevaluasi pencapaian keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneur skills* peserta didik.

Berdasarkan tujuan tersebut, desain eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Non-Equivalent Pretest-Posttest Control Group Design*. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan beberapa tahapan uji statistik, yaitu uji normalitas, uji beda rata-rata, perhitungan *N-Gain*, serta uji dampak

menggunakan ANCOVA.

1) Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan sebagai langkah awal untuk memenuhi asumsi prasyarat dalam pemilihan jenis analisis statistik lanjutan. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah distribusi data pretest dan posttest bersifat normal atau tidak. Dalam penelitian ini, uji normalitas dilakukan menggunakan software SPSS dengan metode *One-Sample Kolmogorov-Smirnov*, sebagaimana dijelaskan oleh Razali & Wah (2011). Adapun pengujian dilakukan dengan dasar hipotesis sebagai berikut.

H_0 : Data terdistribusi secara normal

H_1 : Data tidak terdistribusi secara normal

Kriteria uji:

Nilai sig. atau probabilitas < 0.05 maka H_0 ditolak

Nilai sig. atau probabilitas ≥ 0.05 maka H_0 diterima

(Suyatna, 2017:12-14)

2) Uji Beda Rata – Rata

Uji beda rata-rata dilakukan menggunakan uji *Mann-Whitney U* karena data tidak berdistribusi normal dan tidak homogen, sehingga uji Independent Sample t-Test tidak dapat digunakan. Uji ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil antara kelas kontrol dan kelas eksperimen.

Hipotesis yang digunakan dalam homogenitas sebagai berikut.

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

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

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

H_0 : Tidak terdapat perbedaan rata-rata skor keterampilan *entrepreneurial skill s* peserta didik pada kelas eksperimen dan kontrol.

H_1 : Terdapat perbedaan rata-rata skor keterampilan *entrepreneurial skill s* peserta didik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Kriteria uji:

Nilai sig. atau probabilitas < 0.05 maka H_0 ditolak. Nilai sig. atau probabilitas ≥ 0.05 maka H_0 diterima.

(Suyatna, 2017:22-28)

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

Hipotesis yang digunakan dalam ANCOVA

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

H_1 : Terdapat perbedaan yang signifikan rata-rata skor keterampilan berpikir kritis peserta didik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Kriteria uji:

Nilai sig. atau probabilitas < 0.05 maka H_0 ditolak. Nilai sig. atau probabilitas ≥ 0.05 maka H_0 diterima.

(Suyatna, 2017:22-28)

Effect size dapat dilihat dari hasil uji dampak ANCOVA, mengukur besarnya efek penggunaan e-LKPD menggunakan pendekatan SSI (*Socio Scientific Issue*) terintegrasi STEM-PjBL terhadap keterampilan berpikir kritis dan *entrepreneurial skill s* peserta didik. Nilai Effect size yang diperoleh, kemudian diinterpretasikan dengan kategori menurut Hake (1998) pada Tabel 12

Tabel 12. Kriteria Nilai Effect Size

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

4) *N-Gain*

N-Gain atau selisih antara skor posttest dan pretest menunjukkan peningkatan/stimulasi penguasaan konsep peserta didik setelah dilakukan pembelajaran, sedangkan *N-Gain* (*Normalize Gain*) digunakan untuk meninjau stimulasi yang terjadi terkategori tinggi, sedang, atau rendah. Adapun rumus yang digunakan untuk *N-Gain* menurut Hake (1998) sebagai berikut.

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

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

Tabel 13. Kategori Nilai *N-Gain*

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

3.5 Matriks Ringkasan Metode Penelitian

Tabel 14. Ringkasan Metode Penelitian

Variabel (1)	Data yang diperlu (2)	Instrumen (3)	Metode (4)	Cara Analisis Data (5)
Validitas	Data hasil uji validitas media dan desain <i>e-LKPD</i> menggunakan model pembelajaran STEM-PjBL Data hasil uji validitas materi dan konstruk <i>e-LKPD</i> menggunakan model pembelajaran PjBL-STEM	Lembar uji validitas	Memberikan lembar uji kevalidan dan <i>e-LKPD</i> menggunakan model pembelajaran STEM-PjBL kepada tiga ahli	Membuat rekapitulasi hasil penilaian uji validitas produk dari validator Menghitung rata-rata hasil penilaian uji validitas produk dari validator Menghitung persentase dengan persamaan menurut Sudjana (2005), kemudian mengonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari (Arikunto, 2011)
Keterbacaan	Data hasil uji keterbacaan	Angket uji keterbacaan	Memberikan angket keterbacaan kepada	Membuat rekapitulasi hasil keterbacaan produk Menghitung rata-rata hasil keterbacaan. Menghitung persentase dengan persamaan menurut Sudjana (2005), kemudian mengonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari (Arikunto, 2011)
Respon	Data respon terhadap penerapan <i>e-LKPD</i> menggunakan model pembelajaran STEM-PjBL	Angket respon	Memberikan angket respon kepada peserta didik yang telah melakukan pembelajaran dengan <i>e-LKPD</i> menggunakan model pembelajaran STEM-PjBL	Membuat rekapitulasi hasil respon dari peserta didik Menghitung rata-rata hasil respon dari peserta didik Menghitung persentase dengan persamaan menurut Sudjana (2005), kemudian mengonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari (Arikunto, 2011)

Tabel 14. Lanjutan

Persepsi	Data persepsi terhadap penerapan <i>e</i> -LKPD menggunakan model pembelajaran STEM-PjBL	Angket persepsi	Memberikan perangkat <i>e</i> -LKPD dan angket persepsi kepada guru IPA SMA/SMK di Lampung	Membuat rekapitulasi hasil persepsi guru Menghitung rata-rata hasil persepsi guru Menghitung persentase dengan persamaan menurut Sudjana (2005),
----------	--	-----------------	--	--

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengembangan *e*-LKPD berbasis proyek pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit dengan pendekatan *Socio Scientific Issue* (SSI) terintegrasi *STEM-PjBL* Hasil evaluasi menunjukkan bahwa instrumen dan modul ajar yang dikembangkan memiliki tingkat validitas dan kelayakan yang sangat baik. Validitas isi instrumen memperoleh penilaian sebesar 93,75% dari ahli 1, 89,58% dari ahli 2, dan 100% dari ahli 3, sedangkan validitas konstruk memperoleh 87,5% dari ahli 1 serta 100% dari ahli 2 dan ahli 3, yang menegaskan bahwa instrumen layak digunakan tanpa revisi substansial. Kegiatan pembelajaran dalam modul mendorong keaktifan peserta didik melalui pemecahan masalah yang relevan dengan lingkungan sekitar dan memfasilitasi interaksi antar peserta didik. Selain itu, *e*-LKPD menunjukkan kelayakan isi dan bahasa yang sangat baik, dengan penyajian materi yang sistematis, komunikatif, interaktif, dan sesuai dengan perkembangan peserta didik, sehingga secara keseluruhan dapat mendukung proses pembelajaran yang efektif dan meningkatkan literasi siswa.
2. Hasil uji kepraktisan dan kelayakan produk pembelajaran menunjukkan respon yang sangat positif dari peserta didik dan guru. Pada uji skala terbatas, rata-rata persentase kepraktisan sebesar 88,78% berada pada kategori sangat tinggi, menunjukkan produk mudah digunakan, dipahami, dan membantu proses pembelajaran. Uji skala luas menunjukkan peningkatan menjadi 91,42%, menandakan konsistensi dan efektivitas produk saat diterapkan pada

jumlah peserta didik yang lebih besar. Respon guru terhadap kesesuaian isi memperoleh persentase 96,15% dan terhadap konstruk sebesar 98,43%, yang mengindikasikan materi, tujuan, struktur, dan alur penyajian produk telah sangat layak, sistematis, dan logis. Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan bahwa *e*-LKPD yang dikembangkan sangat praktis, layak dari segi isi maupun konstruk, dan siap diterapkan dalam pembelajaran secara efektif.

3. Hasil uji efektivitas menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran berbasis *e*-LKPD dengan pendekatan SSI terintegrasi STEM-PjBL pada topik energi terbarukan bertujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan keterampilan kewirausahaan peserta didik dibandingkan pembelajaran konvensional. Analisis dilakukan melalui uji prasyarat statistik (normalitas dan homogenitas), uji beda rata-rata, perhitungan *N-Gain* untuk menilai peningkatan kemampuan relatif, serta analisis Effect Size untuk mengukur besarnya pengaruh perlakuan. Rangkaian uji ini memberikan gambaran komprehensif bahwa metode pembelajaran berbasis *e*-LKPD dengan integrasi STEM-PjBL efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan entrepreneurial peserta didik.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian ini, peneliti memberikan saran untuk pendidik dan peneliti selanjutnya sebagai berikut :

1. Bagi Pendidik: Disarankan untuk memanfaatkan *e*-LKPD berbasis elektronik dengan pendekatan SSI terintegrasi STEM-PjBL dalam proses pembelajaran, karena terbukti meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan entrepreneurial peserta didik. Guru juga diharapkan menyesuaikan penggunaan modul dengan tingkat kemampuan siswa serta memfasilitasi interaksi dan pemecahan masalah yang relevan dengan kehidupan nyata.
2. Bagi Peneliti Selanjutnya: Disarankan untuk menguji penerapan *e*-LKPD pada topik lain, jumlah peserta didik yang lebih besar, atau di sekolah berbeda untuk menilai konsistensi kepraktisan dan efektivitas produk. Penelitian jangka panjang diperlukan untuk menilai dampak *e*-LKPD terhadap prestasi dan keterampilan peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, A., Maulina, H., Nurulsari, N., Sukanto, 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*, 9(4).
- Afriyanti, Y., Sasana, H., & Jalunggono, G. (2020). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi energi terbarukan di Indonesia. *DINAMIC: Directory Journal of Economic*, 2(3), 865-884.
- Amalia, K., Wijayasir, U. E., & Kusumaningtyas, H. (2023, January). Mengatasi Miskonsepsi Membandingkan Nilai Pecahan Sederhana Kelas 3 SD dengan Model PBL Berbasis Teori Bruner. In *Prosandika Unikol (Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika Universitas Pekalongan)* (Vol. 4, No. 1, pp. 45-58).
- Amalia, N., Kurniawan, E., & Jalaluddin, J. (2020, December). Pemanfaatan Arang Tandan Kosong Sawit Sebagai Bahan Bakar Alternative dalam Bentuk Briket. In *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ* (Vol. 2020).
- Andryani, F., Djafar, H., & Qaddafi, M. (2016). Penerapan pendekatan SSI (socio-scientific issues) dengan menggunakan media power point terhadap kemampuan berpikir kritis pada mahasiswa baru angkatan 2015 Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 4(2), 64-66.
- Andy Ariyanto, D., Fauziati, E., & Ariyanto, A. (2022). Pembelajaran Daring Di Sekolah Dasar Pembelajaran Daring Di Sekolah Dasar Dalam Perspektif Teori Belajar Konektivisme George Siemens. *Jurnal Ilmiah Mitra Swara Ganesha*, 9(2), 144–153.
- Anisa, Z., & Zainuri, M. (2020). Synthesis and characterization of lithium iron phosphate carbon composite (LFP/C) using magnetite sand Fe₃O₄. *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 9(1), 16.
- Ansoriyah, A., & Supardi, S. (2025). Pengaruh Penggunaan E-LKPD Berbasis Liveworksheets dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa di SMP Negeri 14 Kota Serang IPA Kelas 7 Materi Bumi dan Tata Surya. *Pentagon: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 3(2), 210-219.

- Ansoriyah, A., & Supardi, S. (2025). Pengaruh Penggunaan *E*-LKPD Berbasis Liveworksheets dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa di SMP Negeri 14 Kota Serang IPA Kelas 7 Materi Bumi dan Tata Surya. *Pentagon: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 3(2), 210-219.
- Ansoriyah, A., & Supardi, S. (2025). Pengaruh Penggunaan *E*-LKPD Berbasis Liveworksheets dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa di SMP Negeri 14 Kota Serang IPA Kelas 7 Materi Bumi dan Tata Surya. *Pentagon: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 3(2), 210-219.
- Apriliyani, S. W., & Mulyatna, F. (2021, July). Flipbook *E*-LKPD dengan pendekatan etnomatematika pada materi teorema pythagoras. In *SINASIS (Seminar Nasional Sains)* (Vol. 2, No. 1).
- Ausubel, D. P. (1968). *The psychology of meaningful learning; An introduction to school learning*. Grune and Stratton.
- Aziz, A., Rokhmat, J., & Kosim, K. (2015). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah dengan Metode Eksperimen Terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa Kelas X SMAN 1 Gunungsari Kabupaten Lombok Barat Tahun Pelajaran 2014/2015. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 1(3), 200-204.
- Budiman, I. (2021). The complexity of barriers to biogas digester dissemination in Indonesia: challenges for agriculture waste management. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 23(5), 1918-1929.
- Dalaila, I., Widiyaningrum, P., & Saptono, S. (2022). Developing *e*-module based on socio-scientific issues to improve students scientific literacy. *Journal of Innovative Science Education*, 11(3), 285-294.
- Dani, A. (2022). Pengolahan Biomassa Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Uap. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*.
- Djumadi, D., Astuti, R., Agustina, L., & Kusumadani, A. I. (2021). Model Pembelajaran Sosiosaintifik Blended Project-Based Learning (PJBL) Dalam Pembelajaran IPA di SMP/MTS Se-Boyolali. *Jurnal TUNAS*, 3(1), 134-140.
- Ennis, R. H. (2011). The nature of critical thinking: An outline of critical thinking dispositions and abilities. *University of Illinois*, 2(4), 1-8.
- Ennis, R. H. (2011). The nature of critical thinking: An outline of critical thinking dispositions and abilities. *University of Illinois*, 2(4), 1-8.
- Facione, P. A. (2011). Critical thinking: What it is and why it counts. *Insight assessment*, 1(1), 1-23.
- Fadiawati, N., Diawati, C., & Prabowo, G. (2022). Improving Students' Critical Thinking Skills Using the Inquiry Lesson Model. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 11(2), 130-139.

- Farman, F. (2023). Student learning style of mathematics education based on gender. *International Journal of Business, Law, and Education*, 4(2), 526-533.
- Febriansari, D., Sarwanto, S., & Yamtinah, S. (2022). Konstruksi model pembelajaran STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) dengan pendekatan design thinking pada materi energi terbarukan. *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*, 8(2), 186-200.
- Febriansari, D., Sarwanto, S., & Yamtinah, S. (2022). Konstruksi model pembelajaran STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) dengan pendekatan design thinking pada materi energi terbarukan. *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*, 8(2), 186-200.
- Firtsanianta, H., & Khofifah, I. (2022). Efektivitas E-LKPD berbantuan Liveworksheet untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik. *Proceeding Umsurabaya*, 1(1).
- Fortus, D., Krajcik, J., Dersheimer, R. C., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Design-based science and real-world problem-solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855-879.
- Furi, L. M. I., Handayani, S., & Maharani, S. (2018). Eksperimen model pembelajaran project based learning dan project based learning terintegrasi stem untuk meningkatkan hasil belajar dan kreativitas siswa pada kompetensi dasar teknologi pengolahan susu. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 35(1), 49-60.
- Gupta, T., & Mishra, L. (2021). Higher-order thinking skills in shaping the future of students. *Psychology and Education*, 58(2), 9305-9311.
- Halil, M. (2019). Uji Coba Elektroda Pelat Tembaga dan Alumunium Terhadap Air Laut Sebagai Elektrolit Untuk Menghasilkan Energi Listrik Alternatif. *Majalah Teknik Simes*, 13(2), 14-19.
- Hidayati, B. N., & Zulandri, Z. (2021). Efektifitas LKPD elektronik sebagai media pembelajaran pada masa pandemi covid-19 untuk guru di YPI Bidayatul Hidayah Ampenan. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(2).
- Ilahiyyah, I., Iriani, S. S., Harti, H., & Izzuddin, M. G. (2022). Implementasi Project-based Learning untuk Meningkatkan Entrepreneurial Mindset dan *Entrepreneurial skill s* pada Siswa SMK Nurul Islam. *Jurnal Maksipreneur: Manajemen, Koperasi, Dan Entrepreneurship*, 11(2), 197-211.
- Ilmy, L. A., Zaini, M., & Rezeki, A. (2022). Studi penggunaan LKPD-Elektronik konsep keanekaragaman hayati terhadap hasil belajar dan keterampilan berpikir kritis: Study on the use of biodiversity concept LKPD-Electronics on learning outcomes and critical thinking skills. *Practice of The Science of Teaching Journal: Jurnal Praktisi Pendidikan*, 1(2), 97-105.
- Indarta, Y., Jalinus, N., Waskito, W., Samala, A. D., Riyanda, A. R., & Adi, N. H. (2022). Relevansi kurikulum merdeka belajar dengan model pembelajaran

- abad 21 dalam perkembangan era society 5.0. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(2), 3011-3024.
- Indrawan, I. K. O., & Yudiana, K. (2022). Types of Force and Their Utilization: Guided Inquiry-Based Interactive *E*-LKPD for Fourth Grade Elementary School Students. *Mimbar PGSD Undiksha*, 10(2), 376-385.
- Indrawan, I. K. O., & Yudiana, K. (2022b). Types of Force and Their Utilization: Guided Inquiry-Based Interactive *E*-LKPD for Fourth Grade Elementary School Students. *MIMBAR PGSD Undiksha*, 10(2), 376–385.
<https://doi.org/10.23887/jjpgsd.v10i2.47364>
- Indriani, S., Nurlina, N., & Basri, M. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Digital untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPA Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 7(1), 363-375.
- Jumatun, S., Supeno, S., & Budiarmo, A. S. (2023). Pengembangan *E*-LKPD Berbasis Diagram Berpikir Mutlidimensi untuk Meningkatkan Keterampilan Inkuiri dan Hasil Belajar Siswa SMP/MTs pada Pembelajaran IPA. *Pendekar: Jurnal Pendidikan Berkarakter*, 6(1), 28-33.
- Kahar, M. S., Syahputra, R., Arsyad, R. B., Nursetiawan, N., & Mujiarto, M. (2021). Design of Student Worksheets Oriented to Higher Order Thinking Skills (HOTS) in Physics Learning. *Eurasian Journal of Educational Research*, 96, 14-29.
- Ke, L., Sadler, T. D., Zangori, L., & Friedrichsen, P. J. (2021). Developing and using multiple models to promote scientific literacy in the context of socio-scientific issues. *Science & Education*, 30(3), 589-607.
- Kharisma, D. B. (2020). Omnibus Law Dan Izin Lingkungan Dalam Konteks Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Rechts Vinding: Media Pembinaan Hukum Nasional*, 9(1), 109.
- Khikmiyah, F. (2021). Implementasi Web Live Worksheet Berbasis Problem Based Learning Dalam Pembelajaran Matematika. *Pedagogy*, 6(1).
- Kontesa, D. A., & Fauziati, E. (2022). Teori connectivism dan implikasinya terhadap pemanfaatan *e*-learning dalam pembelajaran di sekolah dasar. *Jurnal Mitra Swara Ganesha*, 9(2), 117-126.
- Kurniasari, R., Ridho, S., & Indriyanti, D. R. (2023). Analysis of the STEM-based blended project based learning model to improve students' science literacy. *Journal of Innovative Science Education*, 12(1), 26-31.
- Kuswantoro, A. (2014). Teaching factory: Rencana dan nilai entrepreneurship. *Yogyakarta: Graha Ilmu*.
- Lasaiba, M. A. (2022). *Fenomena geosfer dalam perspektif geografi telaah substansi dan kompleksitas 1. 15 (1), 1–14*.
- Lasmawan, I. W., & Budiarta, I. W. (2020). Vygotsky's zone of proximal development and the students' progress in learning (A heutagogical bibliographical review). *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 9(4), 545-552.

- Maisah, M., Sohiron, S., Hariandi, A., Sopian, A., & Sandi, Q. (2020). Pengembangan Pendidikan Tinggi Berorientasi Kewirausahaan Dalam Perspektif Global. *Jurnal Ilmu Manajemen Terapan*, 1(4), 305-317.
- Maiyanti, A. A., Imtiyaza, M. I., Laili, U. F., & Panse, V. R. (2024). Development of a project based learning hybrid mode module to train science skills for phase D students. *Islamic Journal of Integrated Science Education (IJISE)*, 3(2), 105-118.
- Makuasa, D. A. A., Rahmawati, S., & Afadil, A. (2024). Development of a Chemistry Learning E-module Based on Project-based Learning with a STEM Approach to Improve Students Problem Solving and Communication Skills on Solubility and Solubility Product Material. *International Journal of Education, Humaniora, and Social Studies*.
- Mareti, J. W., & Hadiyanti, A. H. D. (2021). Model problem based learning untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar IPA siswa. *Jurnal Elementaria Edukasia*, 4(1), 31-41.
- Masgumelar, N. K., Dwiyoogo, W. D., & Nurrochmah, S. (2019). *Modifikasi permainan menggunakan blended learning mata pelajaran pendidikan jasmani, olahraga, dan kesehatan* (Doctoral dissertation, State University Of Malang).
- Mediastika, C. E. (2021). *Hemat energi dan lestari lingkungan melalui bangunan*. Penerbit Andi.
- Miranti, I., & Refelita, F. (2023). Pengembangan Media Pop Up Book Materi Minyak Bumi Berbasis Sosio-Scientific Issue (SSI). *Journal of Chemistry Education and Integration*, 2(1), 58-66.
- Mohd-Faizal, A. N., Mohd-Shaid, M. S. H., & Ahmad-Zaini, M. A. (2022). Solid fuel briquette from biomass: Recent trends. *Ovidius University Annals of Chemistry*, 33(2), 150-155.
- Mulyono, H., Atmojo, I. R. W., Mahfud, H., & Pratama, R. R. (2020, February). Implementation of Creative Entrepreneurship Learning Model Based on Discovery Skills to Improve PSTE Students' *Entrepreneurial skill s* in Science Learning of Energy Material. In *3rd International Conference on Learning Innovation and Quality Education (ICLIQE 2019)* (pp. 472-477). Atlantis Press.
- Mustafa, P. S., & Roesdiyanto, R. (2021). Penerapan teori belajar konstruktivisme melalui model PAKEM dalam permainan bolavoli pada sekolah menengah pertama. *Jendela Olahraga*, 6(1), 50-56.
- Nababan, S. T., & Putri, D. H. (2022). Analisis Kebutuhan E-LKPD Terhadap Pembelajaran Fisika Di Masa Pandemi Covid-19. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah)*, 6(1), 32-40.
- Octaviana, F., Wahyuni, D., & Supeno, S. (2022). Pengembangan E-LKPD untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi siswa SMP pada pembelajaran IPA. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(2), 2345-2353.

- Pauzi, R. Y., & Windiaryani, S. (2021). The critical thinking skills on global warming issue: Effect of the socio-scientific problems approach on problem-solving toward student's. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 14(2), 228-237.
- Pnevmatikos, D., Christodoulou, P., & Georgiadou, T. (2019). Promoting critical thinking in higher education through the values and knowledge education (V a KE) method. *Studies in Higher Education*, 44(5), 892-901.
- Podgórska, M., & Zdonek, I. (2022). Sustainable technologies supported by project-based learning in the education of engineers: a case study from Poland. *Energies*, 15(1), 278.
- 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.
- Project 2061 (American Association for the Advancement of Science). (1999). *Dialogue on early childhood science, mathematics, and technology education*. Advancement of Science.
- Purborini, A., Astutik, S., Susiati, A., Kurnianto, F. A., & Apriyanto, B. (2025). Pengembangan E-LKPD Bermuatan Problem Based Learning (PBL) Berbasis Website Liveworksheets Pada Pembelajaran Geografi SMA. *JPIG (Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi)*, 10(1), 50-60.
- Purwaningsih, E., Sari, S. P., Sari, A. M., & Suryadi, A. (2020). The effect of STEM-PJBL and discovery learning on improving students' problem-solving skills of impulse and momentum topic. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(4), 465-476.
- Puspita, V., & Dewi, I. P. (2021). Efektifitas E-LKPD berbasis pendekatan investigasi terhadap kemampuan berfikir kritis siswa sekolah dasar. *Jurnal Cendekia*, 5(1), 86-96.
- Radeswandri, R. V., & Zulfianti, G. (2023). Pengembangan Instrumen Penilaian E-Book Berbasis Inquiry Learning. *QUANTUM*, 14(1), 87-95.
- Rafidah, F., Parno, P., Nasikhudin, N., & Ali, M. (2024). Development of E-Modules Based on PjBL-STEAM and Virtual Simulation Media on Work and Energy Topic as an Effort to Improve Students' Critical Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan Sains*, 12(3), 2.
- Rahayu, S., & Fajaroh, F. (2016). POGIL Berkonteks Socioscientific Issues (SSI) dan Literasi Sains Siswa SMK. *Seminar Nasional Pendidikan IPA Pascasarjana UM*, 601–614.
<https://www.researchgate.net/publication/341313353>
- Raudhah, S., Hartoyo, A., & Nursangaji, A. (2019). Analisis berpikir kritis siswa dalam menyelesaikan soal spltv di sma negeri 3 pontianak. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Khatulistiwa (JPPK)*, 8(7), 271-283.

- Rohaendi, S., & Laelasari, N. I. (2020). Penerapan teori piaget dan vygotsky ruang lingkup bilangan dan aljabar pada siswa Mts Plus Karangwangi. *Prisma*, 9(1), 65.
- Rostikawati, D. A., & Permanasari, A. (2016). Rekonstruksi bahan ajar dengan konteks socio-scientific issues pada materi zat aditif makanan untuk meningkatkan literasi sains siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 156-164.
- Sakib, M. N., Rabbani, M. R., Hawaldar, I. T., Jabber, M. A., Hossain, J., & Sahabuddin, M. (2022). Entrepreneurial competencies and SMEs' performance in a developing economy. *Sustainability*, 14(20), 13643.
- Salun, M., Zaslavská, K., Vaníčková, R., & Šindelková, K. (2021). Formation of *entrepreneurial skill s* in students in a changing world. In *SHS Web of Conferences* (Vol. 90, p. 02009). EDP Sciences.
- Santos, L. F. (2017). The role of critical thinking in science education. *Online Submission*, 8(20), 160-173.
- Satchwell, R. E., & Loepp, F. L. (2002). Designing and implementing an integrated mathematics, science, and technology curriculum for the middle school. *Journal of industrial teacher education*, 39(3), 41-66.
- 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.
- Shusterman, R. (1994, December). Dewey on experience: foundation or reconstruction?. In *Philosophical forum* (Vol. 26, pp. 127-127).
- Sidik, Z. M., Susanto, S., Suwito, A., Setiawan, T. B., & Safrida, L. N. (2023). Kepraktisan dan keefektifan penggunaan *E-LKPD* konteks sosial budaya berbantuan workbook geogebra terhadap kemampuan numerasi peserta didik pada materi limas. *Jurnal Tadris Matematika*, 6(2), 231-244.
- Sihotang, A. (2022). Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan baku briket dengan perekat tepung kanji. *Jurnal Sains dan Ilmu Terapan*, 5(1), 14-17.
- Sihotang, A. (2022). Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan baku briket dengan perekat tepung kanji. *Jurnal Sains dan Ilmu Terapan*, 5(1), 14-17.
- Silitonga, A. S., & Ibrahim, H. (2020). *Buku ajar energi baru dan terbarukan*. Deepublish.
- Sitogasa, P. S. A., Mirwan, M., Rosariawari, F., & Rizki, A. M. (2022). Analysis of water and ash content in biomass briquettes from durian fruit peel waste and sawdust. *Journal of Research and Technology*, 8(2), 279-288.

- Stiggins, R. J. (1998). *Classroom Assessment for Student Success. Student Assessment Series*. NEA Professional Library, Distribution Center, PO Box 2035, Annapolis Junction, MD 20701-2035.
- Subiantoro, A. W. (2017, October). Pembelajaran Biologi berbasis Socio-scientific Issues (SSI) untuk mengasah keterampilan berpikir tingkat tinggi. In *Seminar Nasional Pendidikan Biologi Iain Syekh Nurjati* (pp. 1-11).
- Suryaningsih, S., & Nurlita, R. (2021). pentingnya lembar kerja peserta didik elektronik (E-LKPD) inovatif dalam proses pembelajaran abad 21. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 2(7), 1256-1268.
- Susantiningrum, S., Siswandari, S., Joyoatmojo, S., & Mafruhah, I. (2023). Leveling *entrepreneurial skill s* of vocational secondary school students in Indonesia: Impact of demographic characteristics. *International Journal for Research in Vocational Education and Training (IJRVET)*, 10(1), 113-137.
- Sutianah, C. (2021). Peningkatan kompetensi kerja berbasis integrasi soft skills, hard skills dan entrepreneur skills program keahlian kuliner melalui penerapan teaching factory smk. *Jurnal Ekonomi, Sosial & Humaniora*, 2(08), 152-167.
- Swartz, R., & McGuinness, C. (2014). Developing and assessing thinking skills. *The International Baccalaureate Project*.
- Syafitri, R. A. (2020, November). The importance of the student worksheets of electronic (E-LKPD) contextual teaching and learning (CTL) in learning to write description text during pandemic COVID-19. In *The 3rd International Conference on Language, Literature, and Education (ICLLE 2020)* (pp. 284-287). Atlantis Press.
- Syukri, M., Yanti, D. A., Mahzum, E., & Hamid, A. (2021). Development of a PjBL model learning program plan based on a stem approach to improve students' science process skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(2), 269-274.
- Tarisna, M. M., Suma, K., & Wibawa, I. M. C. (2023). Efektifitas e-lkpd berbasis project based learning pada muatan pembelajaran ipa di kelas v sekolah dasar. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Profesi Guru*, 6(2), 276-287.
- Thorndahl, K. L., & Stentoft, D. (2020). Thinking critically about critical thinking and problem-based learning in higher education: A scoping review. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 14(1).
- Thorndahl, K. L., & Stentoft, D. (2020). Thinking critically about critical thinking and problem-based learning in higher education: A scoping review. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 14(1).
- Tseng, K. H., Chang, C. C., Lou, S. J., & Chen, W. P. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(1), 87-102.

- Ucik Pudjiastuti, F., Wishnu Wardana, L., & Sumanto, A. (2024). The Influence of Entrepreneurship Education on Entrepreneurial Readiness Mediated by *Entrepreneurial skills* and Entrepreneurial Mindset. *Journal of Finance and Business Digital (JFBD)*, 3(4), 403–420.
<https://doi.org/10.55927/jfbd.v3i4.12421>
- Velez, G., & Power, S. A. (2020). Teaching students how to think, not what to think: Pedagogy and political psychology. *Journal of Social and Political Psychology*, 8(1), 388-403.
- Wang, H. H., Chen, H. T., Lin, H. S., Huang, Y. N., & Hong, Z. R. (2017). Longitudinal study of a cooperation-driven, socio-scientific issue intervention on promoting students' critical thinking and self-regulation in learning science. *International Journal of Science Education*, 39(15), 2002-2026.
- Windasari, N. S. (2019). Pengaruh model project based learning terintegrasi stem (PjBL-STEM) terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi pada materi asam dan basa kelas XI di SMA Negeri 3 Surakarta tahun pelajaran 2018/2019.
- Yazici, N. (2017). Determination Of Knowledge And Awareness Level On Global Warming (A Case Study In Isparta Province Of Turkey). *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 6(2), 260–267.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.290177>
- Yuwono, M. R., Wijayanti, S., Syaifuddin, M. W., & Alfarizki, R. A. (2024). Analisis Kemampuan Berpikir Analitis Mahasiswa Dalam Mengerjakan Soal Teori Bilangan. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(2), 1590-1607.
- Zahroh, D. A., & Yuliani, Y. (2021). Pengembangan e-LKPD berbasis literasi sains untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi pertumbuhan dan perkembangan. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 10(3), 605-616.
- Zakaria, Z. (2021). Kecakapan Abad 21 Dalam Pembelajaran Pendidikan Dasar Masa Pandemi Covid-19. *Dirasah: Jurnal Pemikiran dan Pendidikan Dasar Islam*, 4(2), 81-90.
- Zalfa Qonitah, P. (2025). Pengaruh Model Problem Based Learning Berkonteks Socioscientific Issue Berbantu E-Lkpd Terhadap Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik.
- Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of elementary science education*, 21(2), 49-58.