

**PENGEMBANGAN *e*-LKPD BERBASIS PROYEK BERDIFERENSIASI  
DENGAN PENDEKATAN STEM UNTUK MELATIHKAN  
KETERAMPILAN ABAD-21 PESERTA DIDIK PADA  
MATERI PEMANASAN GLOBAL**

**(Tesis)**

**Oleh**

**Siti Aisyah**

**2323022001**



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

## ABSTRAK

### PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PROYEK BERDIFERENSIASI DENGAN PENDEKATAN STEM UNTUK MELATIHKAN KETERAMPILAN ABAD 21 PESERTA DIDIK

Oleh

SITI AISYAH

Penelitian ini bertujuan mengembangkan LKPD berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM yang valid, praktis, dan efektif untuk melatih keterampilan abad 21 peserta didik pada topik pemanasan global dan efek rumah kaca. Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan dengan desain ADDIE yang terdiri dari langkah *Analyze, Design, Development, Implementation* dan *Evaluation*. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis persentase terhadap skor validitas dan kepraktisan, serta analisis statistik untuk efektivitas. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa LKPD berdiferensiasi yang dikembangkan memiliki kevalidan yang tinggi pada aspek isi, konstruk, bahasa dan desain. Dalam hal kepraktisan memiliki keterbacaan, kemenarikan, dan keterlaksanaan mendapatkan penilaian yang tinggi tinggi dengan kriteria sangat praktis. Selain itu, LKPD yang dikembangkan juga telah terbukti efektif dalam melatih keterampilan abad 2 peserta didik yang ditunjukkan dengan memperoleh nilai N-Gain dengan kriteria peningkatan sedang pada keterampilan berpikir kritis dan nilai N-Gain dengan kategori sedang pada keterampilan berpikir kreatif. Pengaruh penerapan pembelajaran berdiferensiasi pada kelas eksperimen ditunjukkan dengan nilai *effect size* yang berada pada kategori sedang pada keterampilan berpikir kritis dan dengan kategori sedang pada keterampilan berpikir kreatif. Pada keterampilan kolaborasi terjadi perbedaan signifikan dilihat dari uji *Independent t test* dimana rata-rata pada kelas eksperimen lebih tinggi dari kelas kontrol, dan pada keterampilan komunikasi hasil uji *Independent t test* dimana nilai rata-rata pada kelas eksperimen lebih tinggi dari kelas kontrol Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa LKPD berbasis proyek berdiferensiasi dapat mengakomodasi kebutuhan peserta didik yang berbeda yang meliputi kemampuan awal siswa dan gaya belajar, serta LKPD berbasis proyek berdiferensiasi yang dikembangkan dapat melatih keterampilan abad 21 peserta didik.

Kata Kunci: Keterampilan abad 21, LKPD Berdiferensiasi, STEM

## ABSTRACT

### PROJECT-BASED LKPD DEVELOPMENT DIFFERENTIATES WITH STEM APPROACHES TO TRAIN STUDENTS' 21ST CENTURY SKILLS

By

SITI AISYAH

This research aims to develop a differentiated project-based LKPD with valid, practical, and effective STEM approaches to train students' 21st century skills on the topic of global warming and the greenhouse effect. This type of research is a development research with ADDIE design which consists of *Analyze, Design, Development, Implementation* and *Evaluation* steps. The data analysis techniques used were percentage analysis of validity and practicality scores, as well as statistical analysis for effectiveness. The results of this study show that the differentiated LKPD developed has high validity in terms of content, construction, language and design. In terms of practicality, it has readability, attractiveness, and practicality, getting a high assessment with very practical criteria. In addition, the LKPD developed has also been proven effective in training students' 21st century skills which is shown by obtaining an N-Gain score with a moderate improvement criterion in critical thinking skills and an N-Gain value with a medium category in creative thinking skills. The effect of the application of differentiated learning in experimental classes is shown by the *effect size* value which is in the medium category of critical thinking skills and with the medium category of creative thinking skills. In collaboration skills, there are significant differences seen from *the Independent t test* where the average in the experimental class is higher than the control class, and in the communication skills of *the Independent t test* results where the average score in the experimental class is higher than the control class. The results of the study show that differentiated project-based LKPD can accommodate the needs of different learners which include students' initial abilities and learning styles, as well as the differentiated project-based LKPD developed can train students' 21st century skills.

Keywords: 21st century skills, Differentiated LKPD, STEM

**PENGEMBANGAN *e*-LKPD BERBASIS PROYEK BERDIFERENSIASI  
DENGAN PENDEKATAN STEM UNTUK MELATIHKAN  
KETERAMPILAN ABAD-21 PESERTA DIDIK PADA  
MATERI PEMANASAN GLOBAL**

Oleh  
**Siti Aisyah**

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar  
**MAGISTER PENDIDIKAN FISIKA**

Pada

**Program Magister Pendidikan Fisika  
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung**



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

Judul Skripsi : **PENGEMBANGAN e-LKPD BERBASIS  
PROYEK BERDIFERENSIASI DENGAN  
PENDEKATAN STEM UNTUK  
MELATIHKAN KETERAMPILAN ABAD 21  
PESERTA DIDIK PADA MATERI  
PEMANASAN GLOBAL DAN EFEK RUMAH  
KACA**

Nama Mahasiswa : **Siti Aisyah**  
Nomor Pokok Mahasiswa : **2323022001**  
Program Studi : **Magister Pendidikan Fisika**  
Jurusan : **Pendidikan MIPA**  
Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



**MENYETUJUI,**

1. **Komisi Pembimbing**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.**  
NIP 19600821 198503 1 004

**Dr. Viyanti, M.Pd.**  
NIP 19800330 200501 2 001

2. **Mengetahui Ketua Jurusan Pendidikan MIPA**

**Ketua Jurusan Pendidikan MIPA**

**Ketua Program Studi  
Magister Pendidikan Fisika**

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

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

**MENGESAHKAN**

**I. Tim Penguji**

**Ketua** : Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.

**Sekretaris** : Dr. Viyanti, M.Pd.

**Penguji Anggota** : Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.

**Dr. I Wayan Distrik, 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 : 14 Agustus 2025**

23/09/2025 09:32

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini adalah:

Nama : Siti Aisyah  
NPM : 2323022001  
Fakultas / Jurusan : KIP / Pendidikan MIPA  
Program Studi : Magister Pendidikan Fisika  
Alamat : Jalan Andalas 5, Perumahan Golden Village Blok H 19,  
Ganjar Asri, Metro Barat, Kota Metro

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

Bandar Lampung, Agustus 2025

Yang Menyatakan



Siti Aisyah  
NPM 2323022001

## **MOTTO**

“Dan mintalah pertolongan dengan sabar dan sholat”  
(Q.S Al Baqoroh: 45)

“Bukan karena sulit, tapi karena belum terbiasa”  
(Siti Aisyah)

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Rantau Jaya Udik, pada tanggal 16 Agustus 1998, sebagai anak pertama dari pasangan Bapak Mahmud dan Ibu Sopiah. Penulis menikah dengan Daniel Bagus Eko Saputro dan belum dikaruniai anak.

Penulis mengawali pendidikan formal pada tahun 2004 di SDN 1 Rantau Jaya Udik II, Lampung Timur. Selanjutnya di MTs Wasilatul Huda Surabaya Udik, dan SMA Muhammadiyah Purbolinggo Lampung Timur. Penulis menyelesaikan Pendidikan Strata 1 di Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung pada tahun 2020.

Awal karir sebagai admin di PT. Armada Penantian Transport pada tahun 2019, dan mulai mengajar di SMA Muhammadiyah Metro pada tahun 2021 hingga saat ini.

## PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah*, segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang selalu memberikan limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tesis ini. Dengan kerendahan hati dan ungkapan terimakasih yang sebesar-besarnya, karya ini Penulis persembahkan kepada:

1. Ibu tercinta Sopiah, yang telah sepenuh hati membesarkan, mendidik, mendo'akan, serta memberi dukungan dalam segala bentuk perjuangan anaknya dan menjadi penyemangat anaknya dalam mencapai segala hal.
2. Teruntuk almarhum kakek dan nenek tercinta, almarhum bapak Gozali dan ibu Dasinem yang telah menjadi orang tua yang mendidik, mendo'akan, serta memberi dukungan dalam segala bentuk perjuangan cucunya.
3. Suamiku Daniel Bagus Eko Saputro, selalu menjadi sumber semangat sayangku serata menjadi ketenangan selama perjalanan tesis ini. Terima kasih telah selalu ada untukku.
4. Tim MPFis 2023 (Cindy, Melania, Intan, Tri Lestari, Ayu, Alyana, Anis, Dila). Terima kasih atas kekompakan dan kebaikan kalian semua.
5. Anak-anak SMAN 1 Katibung, Lampung Selatan, terutama kelas X.7 dan X.6, terima kasih atas kerja sama yang diberikan sehingga penelitian ini bisa terlaksana dengan optimal.

## SANWACANA

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT, karena atas nikmat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tesis dengan judul “Pengembangan *e-LKPD* Berbasis Proyek Berdiferensiasi Dengan Pendekatan STEM Untuk Melatihkan Keterampilan Abad 21 Peserta Didik Pada Materi Pemanasan Global dan Efek Rumah Kaca” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister pada Program Pascasarjana Pendidikan Fisika di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA
5. Bapak Dr. I Wayan Distrik, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister sekaligus pembahas II yang telah memberikan saran dan kritik kepada peneliti selama penyusunan tesis ini.
6. Bapak Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si., selaku pembimbing akademik sekaligus pembimbing I yang telah meluangkan waktu dalam membimbing mengarahkan, memberikan saran dan kritik kepada peneliti selama penyusunan tesis ini.
7. Ibu Dr. Viyanti, M.Pd., selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dalam membimbing, mengarahkan, memberikan saran dan kritik kepada peneliti selama penyusunan tesis ini.

8. Bapak Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd., selaku pembahas I yang banyak memberikan saran dan kritik kepada peneliti selama penyusunan tesis ini.
9. Seluruh dosen, staf, dan karyawan FKIP Universitas Lampung, khususnya Program Studi Magister Pendidikan Fisika yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pemahaman, dan pelayanan selama proses perkuliahan.
10. Ibu Yeni Noviyani, S.Pd., selaku Kepala SMAN 1 Katibung, Lampung Selatan yang telah mendukung dan memberi izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian.
11. Ibu Yudistia Evalani, S.Pd., selaku guru pendidikan fisika di SMAN I Katibung, Lampung Selatan, yang telah menjadi rekan berdiskusi dalam penelitian ini.

Semoga segala bentuk bantuan, dukungan, saran dan bimbingan yang diberikan kepada peneliti mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah SWT. Mudah-mudahan tesis ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.

Bandar Lampung, 25 Juli 2025

Siti Aisyah

## DAFTAR ISI

### Halaman

<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	6
1.3. Tujuan Penelitian.....	7
1.4. Manfaat Penelitian .....	7
1.5. Ruang Lingkup Penelitian .....	8
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>9</b>
2.1 Kajian Teori .....	9
2.1.1 Pembelajaran Berdiferensiasi .....	9
2.1.2 e-LKPD .....	12
2.1.3 Keterampilan Abad 21 .....	14
2.1.4 Pendekatan STEM .....	21
2.1.5 PjBL berbasis STEM .....	22
2.1.6 Pemanasan Global dan Efek Rumah Kaca .....	27
2.2 Penelitian yang Relevan .....	34
2.3 Kerangka Berpikir .....	35
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>39</b>
3.1 Desain Penelitian Pengembangan .....	39
3.2 Prosedur Pengembangan Produk .....	39
3.3 Instrumen Penelitian.....	45
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	46
3.5 Teknik Analisis Data .....	47
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Penelitian .....	51
4.2 Pembahasan .....	101
4.2.1 Validitas Produk.....	101
4.2.2 Kepraktisan Produk.....	104
4.2.3 Efektivitas Produk .....	107

**V. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	115
5.2 Saran .....	116

**DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Model Pembelajaran Berdiferensiasi Tomlison .....	10
2. Indikator Berpikir Kritis.....	16
3. Indikator Kemampuan Kolaborasi .....	18
4. Indikator Komunikasi.....	19
5. Indikator Berpikir Kreatif .....	20
6. Aspek Stem Dalam Proses Pembelajaran .....	22
7. <i>Nonequivalent Control Group Design</i> .....	42
8. Pengumpulan Data Hasil Penelitian.....	46
9. Skala <i>Likert</i> .....	47
10. Konversi Skor Penilaian Validitas.....	47
11. Kriteria Nilai <i>N-Gain</i> .....	48
12. Kriteria Nilai <i>Effect Size</i> .....	50
13. Hasil Analisis Angket Kebutuhan Peserta Didik.....	53
14. LKPD Berbasis Proyek Berdiferensiasi .....	55
15. Tahapan Aktivitas pada LKPD.....	60
16. Hasil Validasi LKPD .....	73
17. Hasil Perbaikan Uji Validasi .....	74
18. Penilaian Keterlaksanaan LKPD.....	87
19. Penilaian Keterbacaan Dan Kemenarikan LKPD .....	88
20. Deskriptif Berpikir Kritis .....	89
21. Deskriptif Berpikir Kreatif.....	89
22. Uji Normalitas <i>N-Gain</i> Berpikir Kritis .....	90
23. Uji Normalitas <i>N-Gain</i> Berpikir Kreatif .....	90
24. <i>Independent Smple T-Test</i> Berpikir Kritis .....	91
25. <i>Independent Smple T-Test</i> Berpikir Kreatif.....	91
26. Rata-Rata Nilai Kritis Berdasarkan Gaya Belajar.....	92
27. Rata-Rata Nilai Kreatif Berdasarkan Gaya Belajar .....	92
28. Uji Normalitas Kelompok Gaya Belajar Kritis.....	93
29. Uji Normalitas Kelompok Gaya Belajar Kreatif.....	93
30. Hasil Uji <i>Paired Sampel T-Test</i> Berpikir Kritis.....	94
31. Hasil Uji <i>Paired Sampel T-Test</i> Berpikir Kreatif .....	94
32. Hasil Uji <i>One Way Anova</i> Berpikir Kritis .....	95
33. Hasil Uji <i>One Way Anova</i> Berpikir Kreatif.....	95
34. Hasil Uji <i>Effect Size</i> Berpikir Kritis .....	96
35. Hasil Uji <i>Effect Size</i> Berpikir Kreatif.....	96
36. Rata-Rata Nilai Komunikasi .....	97
37. Rata-Rata Nilai Kolaborasi .....	97

Tabel	Halaman
38. Rata-rata komunikasi kelompok gaya belajar .....	98
39. Rata-rata kolaborasi kelompok gaya belajar .....	98
40. Uji normalitas komunikasi kelompok belajar .....	99
41. Uji normalitas kolaborasi kelompok belajar .....	99
42. Hasil uji <i>one way anova</i> komunikasi .....	99
43. Hasil uji <i>one way anova</i> kolaborasi .....	100

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Keterampilan Abad 21 Menurut Nea .....	15
2. Proses Terjadinya Efek Rumah Kaca .....	29
3. Minyak Dan Gas Bumi.....	30
4. Proses Kerusakan Ozon Oleh Klorin .....	30
5. Konsep Addie Branch .....	39
6. Diagram Alir Tahapan Penelitian Dan Pengembangan .....	44
7. Cover Lkpd.....	59
8. Fase <i>Reflection</i> Auditori.....	63
9. Fase <i>Reflection</i> Kinestetik.....	64
10. Fase <i>Reflection</i> Visual.....	65
11. Fase <i>Research</i> Auditori .....	66
12. Fase <i>Research</i> Visual .....	66
13. Fase <i>Research</i> Kinestetik .....	66
14. Fase <i>Discovery</i> Kinestetik.....	68
15. Fase <i>Discovery</i> Auditori.....	68
16. Fase <i>Discovery</i> Visual.....	69
17. Fase <i>Application</i> .....	70
18. Aktivitas <i>Communication</i> .....	72
19. Pendahuluan Pembelajaran.....	75
20. Fase <i>Reflection</i> Kelompok Kinestetik.....	76
21. Hasil Pengamatan Kelompok Kinestetik.....	76
22. Fase <i>Research</i> Kelompok Auditori .....	77
23. Hasil Diskusi <i>Research</i> Kelompok Auditori .....	78
24. Aktivitas Fase <i>Discovery</i> .....	79
25. Hasil Diskusi Fase <i>Discovery</i> .....	79
26. Aktivitas <i>Application</i> .....	81
27. Aktivitas <i>Application</i> Simulasi .....	81
28. Hasil Diskusi Fase <i>Application</i> .....	82
29. Kegiatan Presentasi Fase <i>Communication</i> .....	83
30. Hasil Diskusi <i>Communication</i> .....	84
31. Produk Video Gaya Belajar Auditori .....	85
32. Produk Dan Eksperimen Kelompok Kinestetik.....	85
33. Produk Poster Kelompok Visual.....	86

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Analisis Kebutuhan Siswa.....	133
2. Wawancara Dengan Pendidik.....	139
3. Instrumen Kuesioner Gaya Belajar.....	143
4. LKPD Kinestetik.....	145
5. LKPD Auditori.....	160
6. LKPD Visual.....	179
7. Kisi-Kisi Instrumen Tes Berpikir Kritis.....	197
8. Tes Keterampilan Berpikir Kritis.....	208
9. Kisi-Kisi Instrumen Tes Berpikir Kreatif.....	210
10. Tes Keterampilan Berpikir Kreatif.....	219
11. Kisi-Kisi Instrumen Observasi Keterampilan Komunikasi.....	220
12. Lembar Observasi Keterampilan Komunikasi.....	222
13. Kisi-Kisi Instrumen Observasi Keterampilan Kolaborasi.....	223
14. Lembar Observasi Keterampilan Kolaborasi.....	225
15. Nilai Keterampilan Berpikir Kritis Kelas Eksperimen.....	226
16. Nilai Keterampilan Berpikir Kreatif Kelas Eksperimen.....	227
17. Nilai Keterampilan Kolaborasi Dan Komunikasi Kelas Eksperimen.....	228
18. Nilai Keterampilan Berpikir Kritis Dan Kreatif Kelas Kontrol.....	229
19. Nilai Keterampilan Kolaborasi Dan Komunikasi Kelas Kontrol.....	230
20. Lembar Validasi LKPD.....	231
21. Data Nilai N-Gain.....	249
22. Uji <i>Independent Sample T Test</i> Keterampilan Berpikir Kritis.....	250
23. Uji <i>Independent Sample T Test</i> Keterampilan Berpikir Kreatif.....	251
24. Uji <i>Paired Sample T Test</i> Berpikir Kritis.....	252
25. Uji <i>Paired Sample T Test</i> Berpikir Kreatif.....	253
26. Uji Keterampilan Komunikasi.....	255
27. Uji Keterampilan Kolaborasi.....	257
28. Lembar Instrumen Uji Keterbacaan.....	258
29. Lembar Observasi Keterlaksanaan LKPD.....	260
30. Lembar Instrumen Uji Kemenarikan.....	264
31. Surat Izin Penelitian.....	267
32. Surat Bukti Pelaksanaan Penelitian.....	268
33. Dokumentasi.....	269

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tuntutan abad 21 yaitu pendidikan di Indonesia harus mampu menyiapkan peserta didik untuk memiliki keterampilan abad 21 yang terdiri dari keterampilan berpikir kreatif, keterampilan berpikir kritis, berkomunikasi, dan berkolaborasi guna memperkaya serta memperdalam pengalaman belajar (Laily, 2024). Pembelajaran pada abad ke-21 menuntut berbagai keterampilan yang harus dikuasai oleh peserta didik, sehingga diharapkan dapat mempersiapkan peserta didik untuk menguasai berbagai keterampilan tersebut agar menjadi pribadi yang sukses dalam hidup,

Sesuai dengan tujuan dari keterampilan abad-21 peserta didik diharapkan mampu menghadapi permasalahan yang sangat penting salah satunya yaitu berkaitan dengan permasalahan pemanasan global. Pemanasan global hadir sebagai tantangan nyata yang tidak dapat dihindari sejak pertengahan abad ke-20.

Berbagai pihak dituntut untuk mampu melakukan langkah adaptasi dan mitigasi terhadap dampak merugikan pemanasan global (Wahyu, 2015)

Saat ini dunia sedang gencar merencanakan program pengendalian pemanasan global. Para ahli yakin bahwa perubahan iklim yang terjadi sejak 1950 disebabkan oleh aktivitas manusia. Pemanasan global dapat meningkatkan suhu bumi secara signifikan dan mengakibatkan kondisi sulit bagi tanaman untuk tumbuh. Hal tersebut berpotensi mengancam terjadinya krisis pangan yang serius bagi manusia. Jika tidak ditangani dengan cepat, masa depan kehidupan manusia dapat menjadi sangat sulit. Oleh karena itu, sangat penting untuk peserta didik memiliki pengetahuan terkait pemanasan global dan upaya mitigasi pemanasan global serta

literatur terhadap hal tersebut. Pemanasan global menjadi salah satu materi fisika yang cocok dengan literasi sains (Yeni, *et al* 2024).

Hasil wawancara bersama dengan guru fisika di SMA Negeri 1 Katibung, bahwasanya dalam mengajarkan materi pemanasan global pendidik mengalami kesulitan dalam menjelaskan kepada peserta didik, sehingga pendidik membutuhkan media pembelajaran yang efektif untuk mengajarkan materi pemanasana global. Serta dalam menghadapi kompleksitas tantangan hidup di masa depan, peran pendidikan sangat penting untuk mempersiapkan peserta didik yang tidak hanya mampu beradaptasi tetapi juga dapat memecahkan masalah melalui penguasaan keterampilan abad ke-21 (*4C Skills*), yang meliputi berpikir kritis, berpikir kreatif, komunikasi, dan kolaborasi (Loshkareva *et al*, 2021). Dalam upaya membangun keterampilan abad 21 ini memerlukan pembinaan dan pengembangan yang sengaja dan sistematis. Selain itu, menciptakan ekosistem pembelajaran kolaborativis juga dianggap vital untuk mengembangkan kemampuan peserta didik dalam berpikir kritis dan kreatif, serta meningkatkan komunikasi dan kolaborasi (Harasim, 2017). Persoalannya, bagaimana mempersiapkan peserta didik menguasai keterampilan abad ke-21

Beberapa penelitian yang ditemukan seperti, rendahnya keterampilan berpikir kritis dan kreatif (Akmam, *et al*, 2020), rendahnya keterampilan komunikasi oral dan tertulis (Dunbar *et al*, 2006), berkolaborasi dalam tim , menjadi bukti bahwa proses pembelajaran di sekolah perlu dilakukan perbaikan (Suganda *et al*, 2021). Fakta di lapangan, yang digali melalui penyebaran angket analisis kebutuhan bahwasanya kegiatan pembelajaran belum melatih keterampilan berpikir kritis dan berpikir kreatif siswa

Peserta didik mengalami kesulitan ketika berhadapan dengan permasalahan yang kompleks. Peserta didik mampu menyelesaikan permasalahan kuantitatif sederhana namun kurang memiliki kemampuan untuk menyelesaikan masalah yang lebih kompleks. Peserta didik mengalami kesulitan karena strategi yang diajarkan dalam pembelajaran hanya untuk menyelesaikan masalah yang membutuhkan perhitungan matematis semata (Nurul, 2022). Menjadi sangat penting untuk dilatihkan keterampilan abad-21 tersebut di jenjang SMA

supaya dapat mempersiapkan generasi muda yang siap terbiasa menghadapi berbagai persoalan kompleks untuk dipecahkan secara kreatif.

Uraian di atas nampak jelas keadaan yang ideal yang diperlukan peserta didik untuk masa depan yaitu keterampilan abad ke-21, sementara itu fakta di lapangan, pembelajaran di sekolah belum mengarah ke menstimulas keterampilan tersebut. Persoalan yang sedemikian besar tersebut akan dibatasi pada permasalahan, bagaimana menstimulasi kemampuan berpikir kriitis, berpikir kreatif, kolaborasi, dan komunikasi peserta didik melalui mata pelajaran fisika di SMA terkhusus pada materi pemanasan global dan efek rumah kaca. Sehingga perlu dikembangkannya *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi untuk dapat melatih keterampilan abad-21 peserta didik.

Pembelajaran berdiferensiasi merupakan pembelajaran yang mampu mengakomodasi kebutuhan belajar peserta didik. Guru bertindak sebagai fasilitator yang bertugas memfasilitasi kebutuhan belajar peserta didik sesuai dengan karakteristik masing-masing peserta didik. Pembelajaran ini merupakan suatu metode pendekatan yang umum digunakan pada kurikulum merdeka yang dapat dilakukan dengan melakukan analisis diagnostik, misalnya terkait gaya belajar peserta didik (Rafiska & Susanti, 2023).

Penerapan pembelajaran berdiferensiasi dipercaya mampu meningkatkan kemampuan penalaran matematis peserta didik (Ditasona, 2017), meningkatkan kenyamanan peserta didik dalam belajar karena tidak monoton, aktivitas belajar meningkat (Aprima & Sari, 2022), meningkatkan hasil belajar peserta didik, dapat diterapkan di seluruh mata pelajaran dan mampu mengakomodasi kebutuhan belajar peserta didik (Kamal, 2021), meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemahaman terhadap metematika (Aprima,, & Sari 2022), peningkatan keterampilan proses sains, peningkatan kemampuan numerasi (Liliawati *et al.*, 2022). Pembelajaran ini juga dapat diterapkan dengan berbagai macam model pembelajaran yang berprinsip pada teori belajar konstruktivisme, misalnya PBL, PjBL, dan *blended learning* (Manalu *et al.*, 2023). Pemilihan model pembelajaran yang diintegrasikan dengan pembelajaran berdiferensiasi tentunya didasarkan pada kesesuaian dengan karakteristik materi fisika, tujuan

pembelajaran yang ingin dicapai dan tingkat kemampuan peserta didik dalam pembelajaran.

Teknologi terus berkembang dengan cepat dan memengaruhi hampir setiap aspek kehidupan kita. Banyak pekerjaan masa depan membutuhkan keterampilan yang berbeda dari pekerjaan masa lalu. Keterampilan seperti pemikiran kritis, pemecahan masalah, kreativitas, dan kolaborasi menjadi semakin penting dalam lingkungan kerja modern. Kreativitas, memungkinkan individu untuk terus berkembang dan bersaing dalam pasar global yang berubah dengan cepat. Keterampilan pemecahan masalah di masa depan, memungkinkan individu sukses dalam menghadapi perubahan. Dengan memiliki keterampilan abad 21, peserta didik lebih siap menghadapi tantangan yang kompleks dalam kehidupan mereka. Oleh karena itu dunia pendidikan harus mampu melatih peserta didik supaya memiliki keterampilan abad 21.

Proses pembelajaran saat ini tidak terlepas dari media pembelajaran, salah satunya *e-LKPD*. Lembar kerja peserta didik elektronik (*e-LKPD*) merupakan panduan kerja peserta didik dalam bentuk elektronik yang bertujuan untuk memudahkan peserta didik dalam memahami materi pembelajaran dalam pengaplikasiannya menggunakan komputer/laptop, smartphone, dan handphone. Menurut Puspita & Dewi, (2021) penggunaan *e-LKPD* dalam proses pembelajaran, memberikan dampak positif terhadap aktivitas belajar. Peserta didik diberikan kesempatan untuk berlatih sehingga menjadi interaktif dan dapat memotivasi dalam belajar. *e-LKPD* yang dikembangkan berbasis proyek berdiferensiasi

*Project Based Learning* (PjBL) berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, dan Mathematic*) merupakan salah satu model pembelajaran yang dapat diterapkan pada pembelajaran abad 21 (Ardiyansyah *et al*, 2020). Model pembelajaran berbasis proyek dapat melatih siswa pada keterampilan abad 21, seperti motivasi belajar matematika dan ilmu pengetahuan, kemampuan berpikir kritis, dan kemampuan kognitif. Pembelajaran dengan pendekatan STEM dapat dihubungkan terhadap keterampilan abad 21 bagi siswa yakni mengembangkan keterampilan berpikir kritis, problem solving, berkolaborasi, berkomunikasi, dan inovasi. *Project Based Learning* dengan pendekatan *Science, Technology,*

*Engineering, dan Mathematics* (STEM) adalah salah satu pembelajaran yang dapat meningkatkan kualitas pendidikan (Fitriyah & Ramadani, 2021)

Pembelajaran berbasis proyek telah terbukti efektif dalam menstimulasi kreativitas (Widiyanti, 2021). Penerapan model pembelajaran *project-based learning* (PjBL) berpengaruh positif terhadap keterampilan berpikir kreatif peserta didik (Azzahra *et al*, 2023). Pembelajaran berbasis proyek mengedepankan kerjasama antara peserta didik (Greenier, 2020) sehingga terbangun keterampilan kolaborasi. Pembelajaran berbasis proyek membuat hubungan yang kuat antara keterlibatan siswa dalam proyek mereka sendiri (Pedersen, 2020).

Peneliti melakukan wawancara dengan tiga guru Pendidikan fisika yang berada di SMA Muhammadiyah Metro, SMA Negeri Gunung agung, SMA Negeri 1 Katibung, didapatkan informasi bahwa di sekolahan telah menggunakan kurikulum Merdeka namun belum menerapkan kegiatan pembelajaran secara berdiferensiasi, seperti jawaban yang diberikan oleh guru fisika SMA Negeri 1 Katibung pada salah satu pertanyaan apakah ibu sudah menerapkan pembelajaran secara diferensiasi seperti yang dianjurkan dalam kurikulum merdeka, dan jawaban guru fisika tersebut yaitu “di sekolahan telah menerapkan kurikulum Merdeka, namun kegiatan pembelajaran yang berlangsung belum dilakukan secara diferensiasi”, pada kegiatan pembelajarannya guru sudah menggunakan LKPD namun belum berbasis elektronik dan LKPD yang digunakan masih belum berbasis proyek berdiferensiasi, dan pada kegiatan pembelajaran guru belum pernah melatih keterampilan abad 21 peserta didik.

Selanjutnya peneliti melakukan analisis kebutuhan siswa tentang *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM untuk melatih keterampilan abad 21 didapatkan bahwa peserta didik yang mengalami kesulitan pada pembelajaran energi alternatif yang disebabkan oleh Teknik penjelasan dan kelengkapan materi sebanyak 77,1%, penggunaan bahan ajar khusus untuk mengajarkan energi alternatif sebanyak 62,9% menjawab tidak, pemberian tugas proyek dapat melatih keterampilan abad 21 pada bagian kolaborasi sebanyak 84,3%, pada kegiatan presentasi hasil tugas proyek dapat melatih komunikasi siswa sebanyak 51,4%, dan penyelesaian tugas proyek dapat meningkatkan

berpikir kritis dan berpikir kreatif sebanyak 46,2%, kebutuhan e-lkpd berdiferensiasi sebanyak 100%, e-lkpd yang melatih berpikir kreatif dan kritis sebanyak 92,9%, dan e-lkpd yang melatih kolaborasi dan komunikasi sebanyak 91,4%.

Berdasarkan hasil wawancara, analisis kebutuhan siswa, dan Penelitian terdahulu masih menyisakan pertanyaan, bagaimana mengemas proses pembelajaran berbasis proyek sehingga mengarahkan peserta didik untuk belajar yang efektif menstimulus keterampilan abad ke-21, yaitu *Critical thinking and problem solving, creative thinking, collaboration, and communication skills*. Rancangan pengemasan tersebut diwujudkan dalam bentuk e-LKPD berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM yang merupakan kebaruan dari penelitian ini. Oleh karena itu dalam penelitian ini dirumuskan permasalahan yaitu bagaimana e-LKPD berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM pada materi pemanasan global dan efek rumah kaca yang valid, praktis, dan efektif untuk menstimulasi keterampilan abad ke-21 pada peserta didik. e-LKPD yang dikembangkan mencakup tiga macam diferensiasi yaitu diferensiasi proses, diferensiasi konten, dan diferensiasi produk yang dapat memenuhi kebutuhan belajar peserta didik berdasarkan minatnya.

Berdasarkan hasil uraian, dan analisis kebutuhan maka peneliti melakukan penelitian dengan judul Pengembangan e-LKPD berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM untuk melatih keterampilan abad-21 peserta didik pada materi energi alternatif di SMA Negeri I Katibung

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan, rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana e-LKPD berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM yang valid untuk melatih keterampilan abad 21 siswa?
2. Bagaimana kepraktisan e-LKPD berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM untuk melatih keterampilan abad 21 siswa?
3. Bagaimana keefektifan e-LKPD berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM untuk melatih keterampilan abad 21 siswa?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM yang valid untuk melatih keterampilan abad 21 siswa.
2. Mendeskripsikan kepraktisan *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM untuk melatih keterampilan abad 21 siswa.
3. Mendeskripsikan *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM untuk melatih keterampilan abad 21 siswa

### 1.4 Manfaat Penelitian

#### 1. Manfaat Teoritis

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan sumbangan ilmiah dalam pembelajaran fisika, yaitu *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM melatih keterampilan abad-21 siswa

#### 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 *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM .
- b. Bagi pendidik, memberikan pengetahuan baru terkait pembelajaran dengan *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM
- c. Bagi peserta didik, memberikan pengalaman belajar yang berbeda dan diharapkan dapat melatih keterampilan abad-21 siswa.
- d. Bagi dunia pendidikan dapat memberikan sumbangan pemikiran berupa upaya dalam meningkatkan kualitas pembelajaran fisika.
- e. Bagi peneliti selanjutnya, dapat menjadi contoh inovasi dalam bentuk pengembangan media pembelajaran.

## 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian ini sebagai berikut.

1. Produk yang dikembangkan adalah *e*-LKPD berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM pada materi pemanasan global dan efek rumah kaca.
2. Pembelajaran berdiferensiasi yang dimaksud adalah yang diperkenalkan oleh Tomlinson (1999), mencakup diferensiasi konten, isi, dan produk berdasarkan kesiapan peserta didik, dan gaya belajar (kinestetik, auditori, dan visual).
3. Keterampilan abad 21 yang dimaksud dalam penelitian yaitu keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kreatif, kolaborasi, dan komunikasi
4. *e*-LKPD yang dikembangkan berisikan aktivitas yang mendukung model pembelajaran *project based learning* (PjBL)-STEM yang diperkenalkan oleh Laboy Rush (2010).
5. *e*-LKPD yang dikembangkan berisi materi pemanasan global yang terdapat pada kurikulum merdeka fase E pada capaian pembelajaran (CP) elemen pemahaman fisika dan keterampilan proses.
6. Kepraktisan *e*-LKPD dinilai berdasarkan respon peserta didik dan pendidik menggunakan angket. Skor penilaian dianalisis secara deskriptif kuantitatif persentase 55,1% - 70% dengan kategori sedang/cukup.
7. Keefektifan *e*-LKPD dilihat dari peningkatan hasil belajar dan keterampilan abad 21 peserta didik melalui uji *effect size* dengan rentang nilai  $0,2 \leq d < 0,8$  dengan kategori sedang dalam melatih keterampilan abad 21 peserta didik.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kajian Teori

#### 2.1.1 Pembelajaran Berdiferensiasi

Pembelajaran Berdiferensiasi adalah pembelajaran yang memberi kebebasan kepada siswa untuk meningkatkan kemampuan dirinya sesuai dengan kesiapan belajar, minat dan profil belajar siswa (Sutaga, 2022). Pembelajaran berdiferensiasi menurut Peduk (2022), adalah pembelajaran yang menerima, mengurus, dan mengakui keanekaragaman peserta didik dalam proses pembelajaran dengan standar minat, kesiapan, dan kegemaran yang berbeda beda pada setiap peserta didik. Pembelajaran berdiferensiasi terfokus pada produk, proses dan konten materi pembelajaran (Marlina *et al*, 2022). Pembelajaran berdiferensiasi haruslah sesuai dengan kebutuhan belajar peserta didik serta bagaimana guru merespon kebutuhan belajar tersebut, yang memperhatikan akan kebutuhan peserta didik (Herwina, 2021).

Diferensiasi konten terkait dengan materi atau isi yang akan dipelajari oleh peserta didik yang berkaitan dengan materi pembelajaran. Diferensiasi proses mengacu pada upaya peserta didik untuk dapat mengolah ide dan informasi yang didapat mencakup bagaimana peserta didik memilih gaya belajarnya, bagaimana peserta didik berkomunikasi dan berinteraksi dengan materi serta bagaimana interaksi tersebut menjadi bagian yang menentukan pilihan belajar peserta didik.

Diferensiasi produk adalah cara lain peserta didik untuk menunjukkan hasil pengetahuan dan pemahaman peserta didik (Marlina *et al* 2022).

Pembelajaran dikatakan mampu memfasilitasi peserta didik jika keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran lebih responsif dibandingkan sebelumnya. Peserta didik secara natural memanfaatkan seluruh sumber belajar yang tersedia

untuk menyelesaikan tugas dalam LKPD tanpa instruksi intens dari pendidik model (Noh *et al.*, 2022).

Tomlinson (1999) diferensiasi bekerja paling baik di ruang kelas di mana keyakinan tertentu memotivasi mengapa, apa, dan bagaimana pendidik mendekati perencanaan dan menanggapi perbedaan peserta didik. Model Pembelajaran berdiferensiasi yang dikembangkan oleh Tomlinson, (1999) dapat dijelaskan seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1. Model Pembelajaran Berdiferensiasi Tomlinson**

<b>Ketika pendidik membedakan, mereka membuat penyesuaian Proaktif</b>		
<b>Isi</b>	<b>Proses</b>	<b>Produk</b>
Informasi, ide, dan keterampilan yang akan diambil atau dikuasai peserta didik untuk mencapai tujuan pembelajaran	Kegiatan dimana peserta didik mengambil dan memahami ide-ide kunci dalam konten menggunakan pengetahuan dan keterampilan penting	Bagaimana peserta didik mendemonstrasikan dan memperluas apa yang mereka ketahui, memahami, dan dapat melakukan sebagai hasil dari suatu unit atau rangkaian pelajaran
<b>Sesuai dengan pola pada peserta didik</b>		
<b>Kesiapan</b>	<b>Minat</b>	<b>Profil Pembelajaran</b>
Kedekatan peserta didik dengan tujuan belajar yang ditentukan	Gairah pribadi dan situasional peserta didik, afinitas, dan kekerabatan yang memotivasi belajar	Pendekatan yang disukai peserta didik untuk belajar, seperti yang dipengaruhi oleh gaya berpikir, preferensi kecerdasan, latar belakang budaya, atau jenis kelamin
<b>Menggunakan strategi instruksional seperti</b>		
Penyelenggara Grafis Tugas Berjenjang ThinkDots Stasiun Pembelajaran Kontrak dan Agenda Kartu Peran Instruksi kelompok Kecil	Jigsaw RAFTs Kotak Pilihan Menu Pembelajaran Pusat Minat	Titik Masuk Tri-Mind Thinking Caps Tugas VAK (Ops Ekspresi) MI (Multiple Intelligences
<b>Diinformasikan oleh</b>		
Tujuan pembelajaran yang selaras dengan standar Pra-penilaian dan penilaian formatif survei minat Dan preferensi serta inventarisasi		

<b>Ketika pendidik membedakan, mereka membuat penyesuaian Proaktif</b>
<b>Dilaksanakan melalui</b>
Pengelompokan instruksional yang Bervariasi Rutinitas kelas yang fleksibel Teknik dan alat manajemen yang efisien
<b>Dalam Konteks</b>
Lingkungan kelas yang mendukung, berorientasi pada pertumbuhan, dan berpusat pada komunitas

Tomlinson, (1999)

Berdasarkan Tabel 1 tentang bagaimana model pembelajaran berdiferensiasi membantu peserta didik mencapai hasil belajar yang optimal karena produk yang peserta didik ciptakan sesuai dengan minatnya. Di sisi lain, pendidik mempunyai peran dan tanggung jawab untuk merencanakan dan mengakomodasi perbedaan gaya belajar peserta didik untuk mencapai hasil belajar peserta didik yang optimal. Berdasarkan hal tersebut, peneliti mengembangkan *e-LKPD* berdiferensiasi yang dapat memenuhi kebutuhan belajar peserta didik sesuai dengan teori belajar Tomlinson (1999), yang mencakup dimensi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. dengan desain *e-LKPD* yang memperhatikan dan mengakomodasi kebutuhan belajar peserta didik pada dimensi gaya belajar dengan pembelajaran berdiferensiasi yang mencakup diferensiasi pada isi diharapkan dapat melatih keterampilan abad 21 peserta didik.

Gaya belajar merupakan cara seseorang merasa mudah, nyaman, dan aman saat belajar, baik dari sisi waktu maupun secara indra (Irawati, 2021). Adapun gaya belajar dapat dibedakan menjadi tiga yaitu :

**a. Gaya belajar Visual**

Gaya belajar visual adalah gaya belajar dengan cara melihat sehingga mata memegang peranan penting. Adapun karakteristik seseorang yang menggunakan Visual Learning, diantaranya: Materi pelajaran harus yang dapat dilihat, saat proses KBM peserta didik akan berusaha duduk didepan kelas, suka mencoret-coret sesuatu yang terkadang tanpa ada artinya saat di dalam kelas, pembaca cepat dan tekun, lebih suka membaca daripada dibacakan, lebih menyukai peragaan daripada penjelasan lisan, Mempunyai masalah untuk mengingat instruksi verbal, harus melihat bahasa tubuh dan ekspresi muka gurunya untuk mengerti materi pelajaran, rapi dan teratur.

### b. Gaya belajar auditori

Gaya belajar auditori yaitu gaya belajar yang dilakukan seseorang untuk memperoleh informasi dengan memanfaatkan indra pendengarannya. Adapun karakteristik seseorang yang menggunakan *Auditory Learning*, diantaranya: Ia akan mencari posisi duduk tempat dia dapat mendengar meskipun tidak dapat melihat yang terjadi didepannya, ketika merasa bosan biasanya berbicara dengan diri sendiri atau teman disampingnya atau bisa juga dengan menyanyikan sebuah lagu, materi pembelajaran yang dipelajari akan mudah dipahami jika dibaca nyaring, lebih cepat menyerap dengan mendengarkan, dapat mengingat dengan baik materi saat diskusi.

### c. Gaya belajar kinestetik

Gaya belajar kinestetik merupakan cara belajar yang dilakukan seseorang untuk memperoleh informasi dengan melakukan pengalaman, gerakan, dan sentuhan. Selain itu, belajar secara kinestetik berhubungan dengan praktik atau pengalaman belajar secara langsung. Adapun karakteristik seseorang yang menggunakan *Kinesthetic Learning*, diantaranya: ketika menyampaikan pendapat biasanya disertai dengan gerakan tangan atau bahasa tubuh yang melibatkan anggota tubuh lain seperti wajah, mata, dan sebagainya, ketika merasa bosan akan pergi atau berpindah tempat, menyenangi materi pembelajaran yang bersifat mempraktikkan, gemar menyentuh segala sesuatu yang dijumpainya, suka menggunakan objek nyata sebagai alat bantu belajar, berbicara dengan perlahan, belajar melalui praktik, banyak menggunakan isyarat tubuh, kemungkinan tulisannya jelek, menyukai permainan olah raga.

## 2.1.2 Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (e-LKPD)

Lembar kerja peserta didik (e-LKPD) merupakan suatu bahan ajar yang berisi materi dengan gambar, video, tugas dan langkah-langkah kegiatan pembelajaran bagi peserta didik yang dapat diakses melalui komputer atau laptop dan *hand phone*, sehingga lebih menarik dan interaktif (Hidayati dkk, 2021). Pendapat Julian & Suparman, (2019) e-LKPD memiliki beberapa keunggulan yaitu, peserta didik dapat melihat materi dan soal dimana saja tidak terbatas oleh tempat dan

waktu, peserta didik dapat menggunakan *smartphone* tidak hanya untuk bermain game melainkan dapat digunakan untuk belajar dengan mengakses *e-LKPD*, peserta didik dapat mengetahui bahwa ada bahan ajar baru yang menarik, penyajian materi dan soal di *e-LKPD* lebih menarik dan dapat meningkatkan minat belajar peserta didik.

*e-LKPD* dapat dirancang dan dikreasikan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai guru dalam proses pembelajaran, dimana nantinya peserta didik dapat mengakses *LKPD* elektronik melalui jaringan internet, dengan harapan peserta didik lebih terlatih memahami materi yang diberikan oleh guru sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai (Hidayati dkk. 2021). Sehingga *e-LKPD* diberikan kepada peserta didik sebagai media belajar mandiri, serta dapat diterapkan sebagai media pembelajaran di kelas maupun di luar kelas.

Menurut Prastowo (2016), *e-LKPD* setidaknya berisi delapan unsur atau komponen yaitu judul, kompetensi dasar, waktu penyelesain, peralatan dan bahan yang diperlukan untuk penyelesaian tugas, informasi singkat, langkah kerja, tugas yang harus dilakukan serta laporan yang harus dikerjakan. *LKPD* memuat materi, panduan, petunjuk dan penilaian di dalamnya sehingga *LKPD* lebih kompleks dibandingkan buku teks karena buku teks hanya memuat materi dan pertanyaan-pertanyaan saja.

Berdasarkan uraian di atas maka di dalam *e-LKPD* haruslah memuat komponen dengan ciri-ciri sebagai berikut;

a. Informasi

Informasi di dalam *e-LKPD* haruslah bersifat memotivasi peserta didik untuk dapat mengerjakan tugas yang ada di *e-LKPD* tersebut. Informasi di dalam *e-LKPD* bersifat mudah dipahami oleh siswa sehingga tidak terjadi kesalahan dalam pemahaman pada proses pembelajaran sehingga ilmu yang di dapat dalam proses pembelajaran semakin konkrit dan sistematis tanpa adanya miskonsepsi.

b. Pertanyaan dan perintah

Pertanyaan/perintah di dalam *e-LKPD* haruslah dicantumkan dengan kata-kata yang dapat merangsang peserta didik untuk menemukan, menyelidiki serta

mengajak peserta didik untuk menganalisis dan memecahkan permasalahan yang harus dipecahkan melalui pemikiran kritis dan terstruktur.

c. Panduan atau petunjuk

Panduan di dalam *e-LKPD* haruslah bersifat membimbing artinya peserta didik merasa dibimbing dan diberi arahan ketika membaca panduan dalam *e-LKPD* untuk memecahkan permasalahan

d. Materi

Materi yang dipaparkan di dalam *e-LKPD* harus jelas, singkat dan sesuai dengan pembelajaran yang akan dipelajari. Materi di dalam *e-LKPD* berguna sebagai pengetahuan dasar dalam kegiatan pembelajaran (Prastowo,2016).

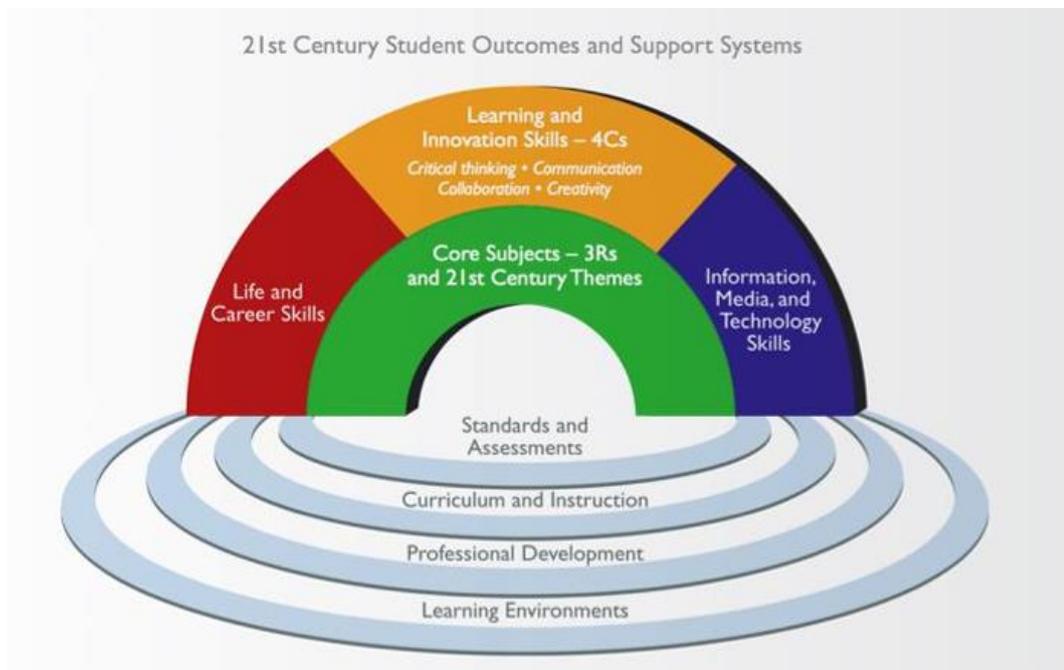
Berdasarkan penjabaran teori di atas mengenai *e-LKPD* dan gaya belajar peserta didik yang berbeda maka *e-LKPD* yang disesuaikan dengan gaya belajar peserta didik (visual, auditori, kinestetik) memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna, karena memungkinkan setiap peserta didik belajar dengan cara yang paling sesuai dengan preferensi dan potensinya. Dengan demikian, *e-LKPD* tidak hanya meningkatkan keterlibatan belajar, tetapi juga efektif dalam melatih keterampilan abad 21 secara optimal.

### **2.1.3 Keterampilan Abad 21**

Abad 21 ditandai dengan perubahan yang besar dalam berbagai hal. Perubahan tersebut mencakup peningkatan teknologi dan komunikasi. Teknologi menjadi lebih canggih dan untuk mengakses informasi dapat dengan mudah dilakukan. Rusdin (2018) menyatakan bahwa terdapat empat macam keterampilan abad 21 yang harus dimiliki oleh peserta didik yaitu komunikasi, berpikir kritis, kolaborasi, dan berpikir kreatif.

Sangat penting dilatihkan kepada peserta didik tentang kemampuan keterampilan abad 21 yang memuat 4C tersebut untuk menghadapi dunia kerja yang menuntut seorang individu supaya memiliki kemampuan kreatifitas dan berpikir kritis dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi, serta memiliki kemampuan kolaborasi serta komunikasi yang baik karena kedua kemampuan tersebut sangat dibutuhkan dalam dunia kerja untuk menjalin kerjasama yang baik dengan rekan

kerja. Sehingga keterampilan abad 21 ini harus dilatihkan sedini mungkin kepada peserta didik. Berikut gambar keterampilan abad 21 menurut NEA



Hermanis.com

Gambar 1. Keterampilan Abad 21 Menurut NEA

National Education Association (NEA) (Roekel, 2016) membagi keterampilan abad 21 menjadi empat aspek. Aspek yang pertama adalah berpikir kritis dan penyelesaian masalah. Dalam berpikir kritis mengasah pemikiran dalam berbagai jenis penalaran sehingga akan mudah dalam membuat keputusan, menganalisis serta mengevaluasi masalah yang ada. Selanjutnya keterampilan berkomunikasi. Keterampilan ini mengharuskan untuk dapat berkomunikasi dengan jelas baik menggunakan tulisan maupun lisan dalam menyampaikan dan mendengarkan pendapat dari orang lain. Keterampilan ketiga adalah keterampilan kolaborasi. Keterampilan kolaborasi penting dilakukan untuk menciptakan suatu pekerjaan yang dilakukan dengan baik bersama orang lain. keterampilan ini mengharuskan untuk saling bertanggung jawab, tolong menolong dan saling menghargai tim tanpa membedakan masing-masing anggota yang beragam. Keterampilan terakhir adalah keterampilan berpikir kreatif. Keterampilan ini mengharuskan untuk dapat mengembangkan dan menciptakan ide-ide baru yang dapat berguna bagi sesama.

Selain dari itu diharuskan pula dapat bekerja bersama dengan orang lain secara kreatif.

a. keterampilan berpikir kritis (*Critical Thinking*)

keterampilan berpikir kritis (*critical thinking*) merupakan kemampuan siswa untuk memahami sebuah masalah yang rumit, menghubungkan informasi satu dengan informasi lain, sehingga akan muncul berbagai perspektif, dan menemukan solusi dari suatu permasalahan. Berpikir kritis atau *critical thinking* juga dapat dimaknai sebagai kemampuan menalar, memahami dan membuat pilihan yang rumit; memahami interkoneksi antara sistem, menyusun, mengungkapkan, menganalisis, dan menyelesaikan masalah (Enis, 1985).

Soft skill ini merupakan hal yang penting untuk dimiliki peserta didik di tengah derasnya arus informasi di era digital sehingga mereka mampu membedakan kebenaran dari kebohongan, fakta dari opini, atau fiksi dari non-fiksi. Hal ini merupakan salah satu modal bagi peserta didik untuk mengambil keputusan dengan lebih bijak sepanjang hidupnya. Kemampuan berpikir kritis juga penting sebagai bekal peserta didik atau siswa untuk menjadi pembelajar yang baik (Chelliah *et al.*, 2022).

**Tabel. 2 indikator keterampilan berpikir kritis**

No.	Indikator	Kriteria
1	<i>Elementary Clarification</i> (memberi penjelasan sederhana)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memfokuskan pertanyaan</li> <li>2. Menganalisis pernyataan</li> <li>3. Bertanya dan menjawab pertanyaan tentang suatu penjelasan</li> </ol>
2	<i>Basic Support</i> (membangun keterampilan dasar)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya/ tidak,</li> <li>2. Mengamati dan mempertimbangkan suatu laporan hasil observasi</li> </ol>
3	<i>Inference</i> (menyimpulkan)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mendeduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi</li> <li>2. Menginduksi dan mempertimbangkan hasil induksi</li> <li>3. Membuat dan menentukan nilai pertimbangan</li> </ol>
4	<i>Advanced clarification</i> (memberi penjelasan lanjut)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mendefinisikan istilah dan pertimbangan dalam tiga dimensi</li> <li>2. Mengidentifikasi asumsi</li> </ol>

No.	Indikator	Kriteria
5	<i>Strategies and tactics</i> (mengatur strategi dan taktik)	1. Menentukan tindakan 2. Berinteraksi dengan orang lain

(Ennis, 1985)

Berdasarkan Tabel 2 indikator keterampilan berpikir kritis peserta didik diharapkan dapat memiliki beberapa kriteria, seperti pada indikator *Elementary Clarification* (memberi penjelasan sederhana) peserta didik diharapkan untuk dapat bertanya dan menjawab pertanyaan tentang suatu penjelasan, pada indikator *Basic Support* (membangun keterampilan dasar) peserta didik diharapkan dapat mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya/ tidak serta mengamati dan mempertimbangkan suatu laporan hasil observasi, pada indikator *Inference* (menyimpulkan) peserta didik diharapkan dapat membuat kesimpulan baik secara deduktif maupun induktif secara tepat, pada indikator *Advanced clarification* (memberi penjelasan lanjut) peserta didik dapat mengidentifikasi asumsi lanjut sehingga dapat membuat penjelasan lebih lanjut, pada indikator *Strategies and tactics* (mengatur strategi dan taktik) peserta didik diharapkan dapat menentukan tindakan apa yang harus dilakukan dan bagaimana harus berinteraksi dengan orang lain.

#### b. Kemampuan Kolaborasi (*Collaboration*)

*Soft skill* yang harus dimiliki siswa selanjutnya adalah kolaborasi (*collaboration*). *Collaboration* atau Kolaborasi adalah kemampuan siswa dalam bekerja sama, saling bersinergi, beradaptasi dalam berbagai peran dan tanggung jawab, bekerja secara produktif dengan yang lain, menempatkan empati pada tempatnya, dan menghormati perspektif berbeda, dengan adanya kolaborasi, maka setiap pihak yang terlibat dapat saling mengisi kekurangan yang lain dengan kelebihan masing-masing. Hal ini memungkinkan tersedianya lebih banyak pengetahuan dan keterampilan secara kolektif untuk mencapai hasil yang lebih maksimal (Johnson & Johnson 1999). Bahkan, saat ini teknologi yang tersedia membuka peluang bagi siswa untuk berkolaborasi dengan banyak orang tanpa harus dibatasi oleh jarak. Pentingnya meningkatkan skill demi masa depan bagi anak muda ini adalah karena siswa perlu dibekali dengan kemampuan berkolaborasi sebagai salah satu

keterampilan abad 21 yang mencakup kemampuan bekerja sama secara efektif dalam tim yang beragam, fleksibel dan mampu berkompromi untuk mencapai tujuan bersama, memahami tanggung jawabnya dalam tim, dan menghargai kinerja anggota tim lainnya. Hal ini akan sangat mendukung kesuksesan mereka di masa depan (Trilling & Fadel, 2009).

**Tabel 3. Indikator keterampilan kolaborasi**

Subskill Kolaborasi	Indikator
Kerjasama	Kerjasama berkelompok
Tanggung Jawab	Bertanggung jawab bersama untuk pekerjaan kolaboratif
Kompromi	Membuat kompromi yang diperlukan untuk mencapai tujuan bersama
Komunikasi	Komunikasi secara efektif dalam kelompok
Fleksibilitas	Berkontribusi individu yang dibuat oleh masing-masing anggota tim

(Trilling & Fadel, 2009)

Berdasarkan indikator keterampilan kolaborasi yang dilatihkan pada proses pembelajaran, peserta didik diharapkan memiliki kemampuan keterampilan kolaborasi berupa sikap tanggung jawab, kerjasama, kompromi, komunikasi, dan fleksibilitas, sikap ini penting dimiliki oleh peserta didik dikarenakan dalam dunia kerja semua sikap tersebut sangat penting untuk dimiliki, sehingga perlu dilatihkan kepada peserta didik keterampilan kolaborasi tersebut.

c. Keterampilan Komunikasi (*communication*)

*Communication* atau berkomunikasi. Soft skill *communication* (komunikasi) merupakan keterampilan bagaimana siswa mampu mentransfer informasi, baik secara lisan maupun tulisan. Komunikasi adalah hal yang sangat penting dalam peradaban manusia. Komunikasi memiliki tujuan utama untuk mengirimkan pesan melalui media yang dipilih agar dapat diterima dan dimengerti oleh penerima pesan (Hargie, 2011). Komunikasi dapat berjalan efektif jika pesan yang disampaikan dapat diterima dengan baik oleh penerima pesan sehingga tidak terjadi salah persepsi ataupun kesalahpahaman. Siswa akan mampu berkomunikasi dengan baik jika sudah dilatih sejak dini.

Pentingnya melatih keterampilan komunikasi kepada peserta didik sedini mungkin sebab dalam bermasyarakat dan dunia kerja komunikasi sangat penting untuk menjalin kerjasama yang baik, jika seorang individu memiliki kemampuan komunikasi yang baik maka akan terhindar dari terjadinya sebuah miskomunikasi sehingga sangat penting keterampilan komunikasi dimiliki oleh peserta didik yaitu komunikasi saat berbicara, mendengarkan lawan bicaranya, serta dapat menuliskan sebuah maksud dengan jelas dan mudah dipahami (Nugraha *et al.* 2021)

**Tabel 4. Indikator keterampilan komunikasi**

<b>Subskill</b>	<b>Indikator (perilaku yang teramati)</b>
Menyampaikan ide/gagasan secara jelas	Mampu mengutarakan ide secara lisan atau tulisan dengan runtut, sistematis, dan mudah dipahami. Menggunakan bahasa yang sesuai konteks audiens.
Menggunakan berbagai media dan teknologi komunikasi	Memanfaatkan media (misalnya slide, poster, video, infografis) untuk memperkuat pesan yang disampaikan. Mampu memilih media yang relevan sesuai kebutuhan komunikasi.
Menyesuaikan komunikasi dengan audiens dan konteks	Menyusun pesan yang sesuai dengan karakteristik audiens (usia, latar belakang, budaya). Menggunakan gaya bahasa dan bentuk komunikasi yang tepat (formal/informal).
Mendengarkan aktif dan memberi umpan balik	Memperhatikan lawan bicara dengan saksama tanpa menyela Memberikan tanggapan atau pertanyaan yang relevan terhadap informasi yang diterima.
Menyampaikan pesan persuasif dan logis	Mengemukakan argumen atau pendapat disertai alasan yang logis. Mampu meyakinkan orang lain melalui komunikasi yang etis dan konstruktif.

(Trilling & Fadel, 2009)

Berdasarkan indikator dari keterampilan komunikasi peserta didik diharapkan memiliki beberapa kemampuan berkomunikasi oral secara baik, berkomunikasi secara jelas supaya dapat mencapai tujuan, memiliki kemampuan presentasi yang baik, dapat berkomunikasi secara reseptif yaitu mendengarkan, membaca, mengidentifikasi, mempunyai strategi untuk berkomunikasi dengan baik supaya minim terjadi kesalahpahaman, dikarenakan keterampilan komunikasi sangat

penting dimiliki oleh peserta didik supaya siap menghadapi dunia kerja yang mengharuskan individu dapat melakukan komunikasi secara baik dan benar.

d. Keterampilan berpikir Kreatif (*Creativity*)

*Creativity* (kreatifitas) adalah keterampilan untuk mengembangkan, melaksanakan, dan menyampaikan gagasan-gagasan baru kepada yang lain; bersikap terbuka dan responsif terhadap perspektif baru dan berbeda. Kreativitas (*creativity*) juga dapat diartikan sebagai kemampuan seseorang dalam menciptakan penggabungan baru. Kreativitas seseorang akan sangat tergantung kepada pemikiran kreatifnya, yaitu proses akal budi seseorang dalam menciptakan gagasan baru. Kreativitas dalam menghasilkan penemuan-penemuan baru sering disebut sebagai inovasi (Runco & Acar, 2012). Menjadi kreatif tidak selalu harus dengan menciptakan hal-hal baru yang belum pernah ada sebelumnya. Memberikan nilai tambah terhadap hal-hal yang sudah ada juga merupakan sebuah bentuk kreativitas dan juga inovasi. Kreativitas dalam menciptakan berbagai inovasi baru adalah salah satu keterampilan abad 21 yang akan membuat siswa mampu bertahan dan tidak tergantikan oleh robot atau mesin dalam bidang pekerjaan yang digelutinya (Chong *et al.* 2022)

Keterampilan berpikir kreatif harus dimiliki oleh seorang peserta didik supaya saat bermasyarakat dan di dunia kerja saat menghadapi masalah peserta didik tersebut dapat menyelesaikan permasalahan tersebut dengan baik, dengan diharapkan munculnya inovasi-inovasi baru yang akan didapatkan (Yasa dkk. 2023)

**Tabel 5. Indikator keterampilan berpikir kreatif**

<b>Indikator Berpikir Kreatif</b>	<b>Deskripsi Indikator</b>
<i>Fluency</i> (kelancaran)	Kemampuan untuk menghasilkan banyak gagasan
<i>Flexibility</i> (keluwesan)	Kemampuan untuk mengemukakan bermacam-macam pemecahan
<i>Originality</i> (keaslian)	Kemampuan memberikan gagasan yang relatif baru dan jarang diberikan kebanyakan orang
<i>Elaboration</i> (perincian)	Kemampuan merinci secara detail jawaban yang dibuat

(Guilford, 1950)

Berdasarkan tabel indikator dari keterampilan berpikir kreatif peserta didik diharapkan dapat Berpikir lancar sehingga dapat mencetuskan banyak gagasan, jawaban, penyelesaian atau selalu memikirkan jawaban lebih dari satu jawaban, dapat berpikir luwes yaitu menghasilkan gagasan, jawaban atau pertanyaan yang bervariasi serta dalam melihat suatu masalah dari sudut pandang yang berbeda dan dapat mencari banyak alternatif atau arah yang berbeda, mampu mengubah cara pendekatan atau pemikiran, dan dapat berpikir original yaitu mampu melahirkan ungkapan yang baru dan unik, memikirkan cara-cara yang tak lazim untuk mengungkapkan diri, dan mampu membuat kombinasi-kombinasi yang tak lazim dari bagian-bagian untuk unsur.

#### **2.1.4 Pendekatan STEM**

Pendekatan Pembelajaran *STEM* (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) menurut Widana *et al.*, (2021), merupakan pendekatan yang diterapkan melalui kegiatan yang melibatkan empat komponen ilmu pengetahuan, yang terdiri dari: sains, teknologi, teknik, dan matematika. Pendekatan STEM juga mampu meningkatkan penguasaan pengetahuan, mengaplikasikan pengetahuan untuk memecahkan masalah, serta meningkatkan kemampuan berpikir kreatif peserta didik, sehingga peserta didik mampu bernalar, berpikir kritis dan logis dalam menyelesaikan masalah dalam dunia nyata (Cahyani *et al.*, 2023).

Erdogan *et al.*, (2017) menyatakan bahwa pendekatan STEM sangat berkontribusi untuk melatih peserta didik dalam membentuk keterampilan-keterampilan (*soft skill*) yang diwujudkan dengan memberikan argumentasi ilmiah, pendidikan. STEM dapat melatih peserta didik mengembangkan pernyataan, bukti, penalaran, dan sanggahan. Hal ini senada dengan pendapat Bao & Koenig (2019) yang menyatakan bahwa pendekatan STEM adalah pendekatan berbasis penyelidikan, belajar dengan penyelidikan harus melibatkan penggunaan argumentasi ilmiah yang berperan sebagai *soft skill* dengan menekankan penggunaan bukti yang mendukung pernyataan.

Intervensi telah menunjukkan bahwa melengkapi peserta didik dengan pengetahuan pembelajaran STEM meningkatkan motivasi awal peserta didik

untuk mengambil lebih banyak ilmu pengetahuan dan matematika di sekolah tinggi (Blotnicky *et al.*, 2018). Pembelajaran STEM dapat berhasil dengan menekankan beberapa aspek dalam proses pembelajaran ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 6. Aspek STEM dalam proses pembelajaran**

<i>Science</i>	<i>Technology</i>	<i>Engineering</i>	<i>Mathematics</i>
Mengajukan Pertanyaan	Mendefinisikan Masalah	Menjadi sadar akan jaringan sistem teknologi di mana masyarakat bergantung	Memahami masalah-masalah dan gigih dalam memecahkan masalah
Mengembangkan dan menggunakan model	Mengembangkan dan menggunakan model		Menggunakan model dengan matematika
Merencanakan dan melakukan investigasi	Merencanakan dan melakukan investigasi	Belajar bagaimana menggunakan teknologi baru	Menggunakan alat-alat yang tepat secara strategis
Menganalisis dan menginterpretasikan data	Menganalisis dan menginterpretasikan data	Sebagaimana yang tersedia	Menghadirkan ketelitian dan ketepatan
Menggunakan matematika dan berpikir komputasional	Menggunakan matematika dan berpikir komputasional	Mengenali bahwa teknologi memainkan peran dalam kemajuan sains dan teknologi	Memberi alasan secara abstrak dan kuantitatif
Membangun Penjelasan	Mendesain solusi		Mencari dan memanfaatkan struktur
Memadukan argumen yang ada dari bukti-bukti	Memadukan argumen yang ada dari bukti-bukti	Membuat keputusan yang tepat terkait teknologi	Membangun argumen yang layak dan mengkritisi alasan pihak lain
Mencari, mengevaluasi dan mengkomunikasikan informasi	Mencari, mengevaluasi dan mengkomunikasikan informasi	Merelaksikannya dengan masyarakat dan lingkungan	Mencari dan mengekspresikan secara tepat dan beraturan dari alasan yang berulang-ulang

(Afriana *et al.*, 2016)

Berdasarkan Tabel 6 bahwasanya sebuah pembelajaran berbasis STEM akan berhasil jika dalam pelaksanaannya menekan aspek STEM dalam proses pembelajaran.

### 2.1.5 PjBL Berbasis STEM

PjBL merupakan model pengajaran yang dilakukan dengan memberikan sebuah proyek yang mengintegrasikan berbagai mata pelajaran dan berfokus pada masalah dunia nyata (Wardah et al., 2022). Model PjBL menekankan pembelajaran yang sebagian besar berpusat pada siswa. Model PjBL membantu siswa untuk belajar secara kolaboratif guna memecahkan masalah dunia nyata (Yulianto et al., 2017). Peran guru adalah untuk memfasilitasi dan membimbing proses pembelajaran dan bukan satu-satunya sumber pengetahuan (Firmansyah, 2019). PjBL dapat dikombinasikan dengan pendekatan STEM yang di dalamnya terdiri dari empat unsur yaitu *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* yang mampu menciptakan pembelajaran efektif dan menantang (Amri et al., 2020).

Pembelajaran PjBL-STEM dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam memecahkan permasalahan dan berpikir kritis, serta mengarahkan peserta didik untuk lebih berperan aktif dalam proses pembelajaran dan meningkatkan motivasi belajar peserta didik (Rosyidah et al., 2021). Hal ini sesuai dengan apa yang dikemukakan oleh Dias & Brantley (2017) bahwa PjBL dapat membantu peserta didik meningkatkan serta mengembangkan keterampilan komunikasi, kolaborasi dan pemecahan masalah.

Pendekatan pembelajaran berbasis PjBL-STEM mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika ke dalam pengajaran berbasis proyek (Erlinawati et al., 2019). Pendekatan ini memiliki tujuan guna menyiapkan peserta didik untuk masa depan dengan memberi mereka keterampilan praktis dan pengetahuan yang dapat mereka terapkan dalam situasi dunia nyata.

Pembelajaran berbasis PjBL-STEM dapat mempersiapkan peserta didik untuk memasuki dunia kerja yang semakin kompleks dan terus berubah, karena mereka memperoleh keterampilan dan pengetahuan yang relevan dengan industri dan perkembangan teknologi masa depan (Wijayanti & Fajriyah, 2018).

Pembelajaran berbasis PjBL-STEM memiliki beberapa keunggulan dalam pendidikan abad 21 yaitu, (1) model pembelajaran ini dapat membantu siswa

dalam meningkatkan keahlian atau keterampilan pada abad 21 seperti berpikir kritis, kreativitas dan pemecahan masalah, (2) pembelajaran berbasis PjBL-STEM dapat menambah motivasi belajar pada siswa, karena peserta didik secara aktif terlibat dalam proses pembelajaran dan merasa lebih terlibat dalam pelaksanaan proyek, (3) model pembelajaran ini juga dapat membantu siswa dalam meningkatkan kemampuan komunikasinya dalam kerja kelompok dan menyampaikan pemikirannya dengan jelas. (4) pembelajaran berbasis PjBL-STEM mampu memberikan kesempatan kepada siswa dalam mengembangkan pemikiran kreatif dan prestasi ilmiah yang dapat membantu memecahkan masalah fisika dan mengkomunikasikan temuannya dengan baik (Mardhiyah *et al.*, 2021).

Pembelajaran berbasis proyek merupakan salah satu karakteristik dari pembelajaran berbasis STEM. Laboy-Rush (2010) mengemukakan 5 tahap dalam pembelajaran berbasis proyek STEM yaitu:

- a. *Reflection*, tahap membawa peserta didik ke dalam konteks masalah dan memberikan inspirasi kepada peserta didik untuk mulai menyelidiki/investigasi.
- b. *Research*, tahap memfasilitasi peserta didik mengambil bentuk penelitian, meneliti konsep sains, memilih bacaan atau mengumpulkan informasi dari sumber yang relevan.
- c. *Discovery*, peserta didik mulai menemukan proses-proses pembelajaran, menentukan apa yang masih belum diketahui serta menemukan langkah-langkah proyek sebagai pemecahan masalah
- d. *Application*, peserta didik memodelkan suatu pemecahan masalah, menguji model yang dirancang, berdasarkan hasil pengujian peserta didik dapat mengulang ke langkah sebelumnya
- e. *Communication*, peserta didik mempresentasikan model dan solusi langkah ini untuk mengembangkan keterampilan komunikasi dan kolaborasi serta kemampuan untuk menerima dan menerapkan umpan balik yang membangun.

Berdasarkan pemaparan di atas, peneliti menggunakan model pembelajaran PjBL-STEM Laboy-Rush (2010) yang berisi tahapan-tahapan aktivitas peserta didik yang mendukung pembelajaran berdiferensiasi pada e-LKPD yang dikembangkan.

Sehingga dengan pembelajaran berdiferensiasi yang dikembangkan dapat mengakomodasi keterampilan abad 21.

Berikut hasil penelitian terdahulu dari penggunaan PjBl-STEM terhadap keterampilan abad 21 yang terdiri dari, keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, berpikir kreatif, dan komunikasi.

**a. PjBL-STEM dengan Keterampilan *Critical Thinking* Abad 21**

Pembelajaran berbasis PjBL-STEM memiliki potensi besar untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran fisika. (Fiteriani *et al.* 2021) menyatakan bahwa PjBL dapat membantu siswa memperoleh keterampilan berpikir kritis dengan memberikan kesempatan kepada siswa secara langsung untuk terlibat dalam proses pemecahan masalah nyata yang memerlukan analisis data, evaluasi bukti, dan membuat kesimpulan berdasarkan bukti.

Selain itu, berdasarkan pendapat Rosyidah *et al.* (2021) menunjukkan hasil penggunaan *Project Based Learning* (PjBL) yang dikombinasikan dengan pendekatan STEM dalam pendidikan fisika dapat memberikan peningkatan kemampuan berpikir kritis dikalangan siswa SMA.

**b. PjBL-STEM dengan Keterampilan *Collaboration* Abad 21**

Pembelajaran PjBL-STEM membantu siswa dalam meningkatkan keterampilan kolaborasi dan pengetahuan karena siswa diberi kesempatan untuk bekerja bersama di dalam sebuah tim untuk memecahkan masalah (Yuliyanto *et al.*, 2021). Dalam proses tersebut, siswa belajar untuk bekerja sama, memecahkan masalah bersama, dan mengembangkan keterampilan cara komunikasi yang efektif. Di bidang fisika, keterampilan kolaborasi dapat terlihat ketika siswa bekerja sama dalam melakukan eksperimen atau menciptakan proyek (Ahwan & Basuki, 2023).

Rasyid & Khoirunnisa (2021), PjBL dapat meningkatkan keterampilan kolaborasi siswa dalam pembelajaran fisika. Dalam studi tersebut, siswa

diberikan proyek kolaboratif kemudian dinilai berdasarkan keterampilan kolaborasi yang peserta didik tunjukkan dalam proyek tersebut. Penerapan PjBL-STEM dapat meningkatkan keterampilan kolaborasi (Darmuki *et al.*, 2022). Dengan demikian, penggunaan model PjBL yang terintegrasi STEM menjadi alternatif pembelajaran yang inovatif serta efektif untuk mengembangkan keterampilan kolaborasi pada siswa.

### **c. PjBL-STEM dengan Keterampilan *Creative* Abad 21**

Berdasarkan penelitian Ningrum *et al* (2021) menunjukkan bahwa melalui penerapan STEM menggunakan model PjBL ternyata dapat meningkatkan keterampilan berpikir kreatif. Hal ini sejalan dengan penelitian Mamahit *et al* (2020) yang menunjukkan pembelajaran berbasis PjBL-STEM ternyata mampu membuat pembelajaran yang aktif dan dapat fokus terhadap kegiatan ilmiah serta menghasilkan suatu karya untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa. Menggunakan pembelajaran berbasis PjBL-STEM berpengaruh positif pada keterampilan berpikir kreatif siswa. Maka dari itu, model pembelajaran ini dapat meningkatkan keterampilan atau prestasi belajar lainnya sesuai tuntutan era abad ke-21. Guilford (1950) menyebutkan bahwa proses berpikir kreatif terdapat empat aspek antara lain *flexibility, fluency, originality, dan elaboration* pengembangan produk.

Pembelajaran dengan berbasis PjBL-STEM dapat mempengaruhi berpikir kreatif ilmiah siswa pada pembelajaran fisika. Berpikir kreatif dalam fisika yaitu kesanggupan untuk menghasilkan ide-ide baru, memunculkan ide yang inovatif, dan menemukan solusi untuk memecahkan masalah fisika (Kamilasari *et al.*, 2019). Maka dari itu, model pembelajaran berbasis PjBL-STEM dapat menjadi salah satu alternatif yang efektif dalam mengembangkan daya berpikir kreatif siswa pada mata pelajaran fisika.

### **d. PjBL-STEM dengan Keterampilan *Communication* Abad 21**

Kemampuan komunikasi adalah salah satu dari empat kompetensi keterampilan abad 21 yang harus dimiliki siswa (Yokhebed, 2019). Dalam kegiatan pembelajaran berbasis proyek yaitu STEM-PjBL, kemampuan komunikasi

merupakan salah satu keterampilan yang penting, oleh karena siswa diharapkan dapat mempresentasikan kegiatan belajarnya, dikarenakan model PjBL-STEM menuntun siswa untuk dapat mencari solusi dari permasalahan dalam kegiatan pembelajaran lalu mengkomunikasikan kepada teman-teman dan komunitasnya sehingga dapat terbentuk kemampuan berkomunikasi dengan baik (Jauhariyyah *et al.* 2017).

Lestari (2021), pada saat pembelajaran berbasis PjBL-STEM, pada kegiatan pembelajaran siswa dibimbing untuk berkomunikasi dalam kelompok, dimulai dengan berkomunikasi dalam kelompok sampai mengkomunikasikan hasil proyeknya kepada kelompok lain di depan kelas. Hasilnya adalah PjBL-STEM mampu melatih siswa untuk memiliki keterampilan berkomunikasi yang baik. Sejalan dengan penelitian (Nugroho *et al.*, 2019), model pembelajaran berbasis proyek memberikan dampak yang relevan terhadap peningkatan kemampuan komunikasi siswa. Kondisi ini juga diperkuat dengan hasil pemberian model PjBL-STEM yang mampu meningkatkan kemampuan komunikasi siswa (Chalim *et al.*, 2019).

Pembelajaran berbasis PjBL-STEM dapat mempengaruhi kemampuan komunikasi siswa pada pembelajaran fisika (Sukmawijaya *et al.*, 2019). Dalam pembelajaran fisika dengan basis proyek, siswa diharuskan untuk merencanakan aktivitas-aktivitas dalam menyelesaikan proyek (Anggraini & Wulandari, 2020). Hal ini mampu membuat siswa dapat meningkatkan kemampuan komunikasi mereka dalam memberikan gagasan dengan jelas. Dengan demikian, penggunaan model pembelajaran PjBL-STEM dapat menjadi alternatif yang efektif dalam meningkatkan kemampuan komunikasi siswa pada mata pelajaran fisika.

### **2.1.6 Pemanasan Global dan Perubahan Iklim**

Masalah lingkungan yang kita hadapi dari tahun ke tahun semakin meningkat baik yang berasal dari pencemaran air maupun pencemaran udara. Hal ini bukan hanya disebabkan oleh kegiatan industrinya, tetapi juga oleh aktivitas manusia dalam rumah tangga. Pencemaran udara akibat gas buang kendaraan bermotor kurang disadari oleh masyarakat pada umumnya, padahal dampak pembakaran bahan

bakar dalam jangka panjang sungguh luar biasa, seperti yang sedang dialami oleh penduduk seluruh dunia yaitu terjadinya pemanasan global (*global warming*). Materi pemanasan global ini adalah materi yang sangat penting, memahami secara utuh berbagai penyebab terjadinya pemanasan global dan dampak yang ditimbulkan karena pemanasan global. Dengan memahami penyebab serta dampak yang ditimbulkan karena pemanasan global Anda dapat memberikan pendapat dalam rangka pengendalian pemanasan global. Untuk dapat memahami materi Modul ini dengan baik, Anda hendaknya mengerjakan latihan dan evaluasi kemudian mencocokkan hasilnya dengan kunci jawaban yang tersedia di bagian belakang modul ini. Selain itu, dianjurkan agar Anda membaca buku teks, brosur-brosur atau majalah-majalah yang berhubungan dengan materi ini. Dengan demikian, wawasan Anda terhadap masalah-masalah lingkungan global semakin meningkat.

Asap yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia seperti pembakaran sampah, penggunaan bahan bakar pada kendaraan bermotor, dan aktivitas pembangkit listrik memiliki dampak sebagai salah satu pemicu terjadinya pemanasan global.

***Apa itu pemanasan global? Bagaimana hubungan asap tersebut dengan pemanasan global?***

Asap dari aktivitas manusia mengandung gas-gas yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Salah satunya, menjadi penghalang pemantulan panas Bumi sehingga menyebabkan efek rumah kaca. *Apa itu efek rumah kaca?*

### **1. Pemanasan Global**

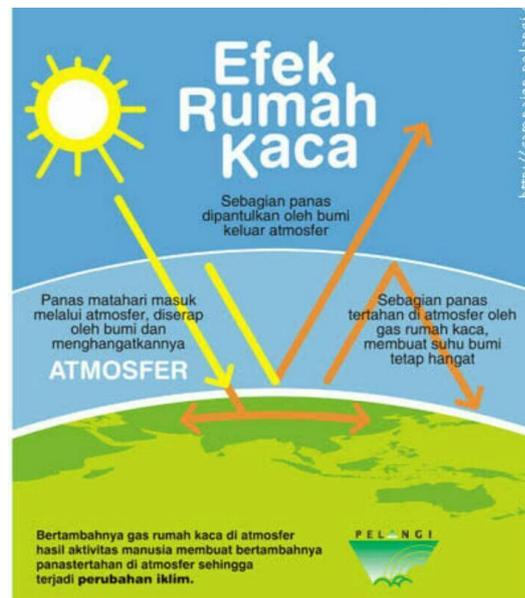
**Pemanasan global** adalah suatu bentuk ketidakseimbangan ekosistem di Bumi akibat terjadinya proses peningkatan suhu rata-rata permukaan Bumi oleh adanya radiasi Matahari menuju atmosfer Bumi. Sebagian radiasi Matahari berubah menjadi energi panas dalam bentuk sinar inframerah, yang mana sebagian diserap oleh permukaan Bumi dan sebagian lagi dipantulkan kembali ke atmosfer. Sebagian sinar tidak dapat dipantulkan karena tertahan oleh gas rumah kaca, sehingga hal tersebut yang menyebabkan suhu Bumi meningkat

### **2. Penyebab Pemanasan Global**

Peningkatan suhu rata-rata di permukaan Bumi disebabkan meningkatnya

konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer Bumi akibat aktivitas manusia. Gas rumah kaca yang dimaksud adalah karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), klorofluorokarbon (CFC), dinitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), dan ozon ( $\text{O}_3$ ).

Gas rumah kaca paling banyak dihasilkan dari kegiatan industri dan penggunaan kendaraan berbahan bakar minyak. Secara alami, gas rumah kaca dihasilkan dari sumber penguapan dan erupsi gunung vulkanik yang aktif. Proses terperangkapnya panas yang seharusnya dipantulkan permukaan Bumi akibat gas rumah kaca di atmosfer yang melebihi batas normal terjadi secara berulang, sehingga suhu Bumi terus meningkat. Peristiwa tersebut dikenal dengan istilah efek rumah kaca. Berikut gambar proses terjadinya efek rumah kaca



dosenpintar.com

Gambar 2. Proses terjadinya efek rumah kaca

Dalam konsentrasi yang seimbang, efek rumah kaca memiliki peran penting dalam melindungi makhluk hidup di Bumi, yaitu sebagai penghangat. Tanpa adanya efek rumah kaca, Bumi akan diselimuti es dengan suhu mencapai  $-18^\circ\text{C}$ .

### 3. Pemicu Meningkatnya Gas Rumah Kaca di Atmosfer

#### a. Penggunaan Bahan Bakar Fosil

Peningkatan jumlah industri dan sarana transportasi selalu diikuti dengan peningkatan penggunaan bahan bakar dari fosil, seperti minyak bumi dan gas alam yang menghasilkan pembakaran berupa gas-gas rumah kaca.

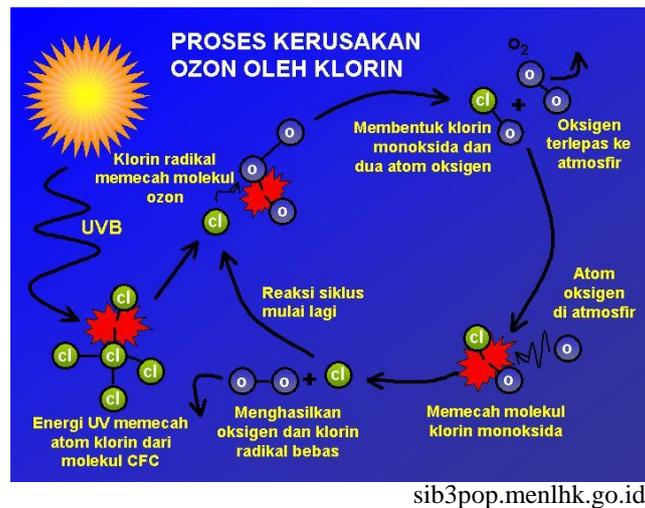
Gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) jika dikombinasikan dengan adanya air akan membentuk senyawa korosif yang berpotensi mencemarkan tanah dan air. Menurut UU No. 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi, yang disebut dengan bahan bakar minyak adalah bahan bakar yang berasal dan/atau diolah dari minyak bumi. Hasil pengolahan minyak bumi adalah produk migas berupa BBM (bahan bakar minyak) dan NBBM (Non-bahan bakar minyak). Adapun yang termasuk bahan bakar minyak adalah avgas (*aviation gasoline*), avtur (*aviation turbin*), bensin, minyak tanah, solar, diesel, dan minyak bakar (*fuel oil*). Gambar di bawah ini merupakan proses pengolahan minyak dan gas bumi



Gambar 3. Minyak dan gas bumi [ksb.com](http://ksb.com)

#### b. Penggunaan CFC dalam Kehidupan Sehari-hari

Kloro fluoro karbon atau CFC merupakan senyawa kimia yang terdiri atas atom karbon, klorin, dan fluorin. Gas CFC digunakan sebagai bahan refrigan untuk kulkas dan pendingin ruangan/AC, serta bahan rumah tangga yang dikemas dalam botol aerosol. Gas CFC pada lapisan stratosfer dipecah oleh radiasi sinar UV, kemudian terurai dan melepaskan atom-atom klorin. Atom klorin bereaksi dengan ozon secara terus-menerus mengakibatkan terjadinya penipisan lapisan ozon. Akibatnya, peningkatan paparan radiasi sinar UV yang masuk ke permukaan Bumi. Di bawah ini merupakan gambar proses kerusakan ozon oleh klorin



Gambar 4. Proses kerusakan ozon oleh klorin

### c. Kotoran Ternak

Sapi merupakan hewan ruminansia yang memiliki rumen yang di dalamnya terdapat mikroorganisme yang memecah selulosa pada dinding sel tumbuhan. Dalam proses tersebut, terjadi fermentasi yang menghasilkan gas metana. Gas metana yang dihasilkan dalam rumen sapi dikeluarkan dalam bentuk feses dan gas buangan. Gas metana (CH<sub>4</sub>) ini memiliki kontribusi dalam menyebabkan pemanasan global.

Gas metana adalah gas yang terbentuk dari dekomposisi anaerob limbah organik dan juga penyumbang emisi gas rumah kaca. Gas metana memiliki potensi pemanasan global 25 kali dibandingkan dengan karbon dioksida, sehingga kegiatan peternakan memiliki dampak yang lebih signifikan daripada gas CO<sub>2</sub>, yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar fosil.

### d. Sampah

Sisa makanan pada tempat pembuangan sampah (TPA) akan membusuk dan membentuk gas metana, yang merupakan gas rumah kaca. Sisa makanan yang dibuang dapat menyumbang kadar gas rumah kaca di atmosfer. Metode pengelolaan sampah yang kurang efektif juga dapat memengaruhi kadar gas rumah kaca di atmosfer. Salah satunya adalah pembakaran sampah secara terbuka. Pengelolaan sampah dengan cara tersebut menghasilkan gas-gas yang

memberikan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan, di antaranya CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>.

#### **e. Deforestasi**

Deforestasi adalah kondisi penurunan luas hutan yang disebabkan oleh konversi lahan untuk infrastruktur, permukiman, pertanian, pertambangan, dan perkebunan.

Perubahan lahan tersebut sering berakibat pada kebakaran hutan sehingga terbuangnya emisi gas karbon ke atmosfer. Jika deforestasi dan kebakaran hutan terjadi terus-menerus dan tidak segera ada pencegahan, akan mempercepat terjadinya pemanasan global. Emisi yang tinggi akibat deforestasi dapat menyebabkan berbagai dampak serius, di antaranya suhu Bumi mengalami peningkatan, meningkatnya intensitas curah hujan per tahun yang mengakibatkan bencana, menimbulkan ancaman pangan dari perubahan iklim yang ditimbulkan, dan permukaan air laut menjadi naik.

### **4. Dampak Pemanasan Global**

#### **a. Mencairnya Es di Kutub-Kutub Bumi**

Daratan es berwarna putih yang luas membentang memiliki kemampuan untuk memantulkan sinar Matahari, sehingga berperan menjaga kestabilan suhu Bumi. Dengan hilangnya daratan es di kutub, dapat memicu terjadinya peningkatan suhu permukaan Bumi

#### **b. Meningkatnya Permukaan Air Laut**

Bongkahan es yang pecah dan terbawa aliran air laut akan mencair di lautan. Akibatnya, wilayah daratan mengalami penyusutan serta terjadinya erosi pantai, badai, dan banjir rob. Terjadinya peningkatan permukaan air laut sangat merugikan kehidupan masyarakat, khususnya yang berada di wilayah pesisir pantai.

#### **c. Perubahan Iklim**

Perubahan iklim merupakan perubahan pola perilaku iklim yang meliputi perubahan tekanan udara, curah hujan, dan arah serta kecepatan angin.

Adanya kenaikan suhu Bumi dapat mengubah sistem iklim yang berdampak luas bagi kehidupan makhluk hidup di Bumi. Contohnya pada daerah subtropis, salju yang menyelimuti pegunungan akan cepat mencair, musim tanam akan menjadi lebih panjang serta suhu pada musim dingin dan malam hari akan cenderung meningkat. Sementara pada daerah tropis, udara akan menjadi lebih lembap karena lebih banyak air yang menguap dari lautan, sehingga curah hujan juga akan semakin tinggi.

Musim hujan yang berkepanjangan akan menimbulkan banjir, akibatnya tanaman menjadi busuk atau rusak. Sebaliknya, musim kemarau yang berkepanjangan akan merusak tanah dan tanaman menjadi kering. Dua kondisi tersebut tentu merugikan bagi para petani, yaitu terancam gagal panen. Dampak lainnya dari perubahan iklim adalah gangguan ekosistem dengan punahnya beberapa spesies, perubahan siklus hidup flora dan fauna, serta peningkatan keasaman air laut.

#### **d. Punahnya Flora dan Fauna**

Tanaman yang berada di lingkungan pegunungan es akan kehilangan ruang untuk bertumbuh akibat mencairnya gletser. Akibat mencairnya gletser Pegunungan Alpen, para ahli memprediksi terdapat 22% spesies yang diteliti akan punah 150 tahun lagi setelah gletser menghilang. Beberapa contoh tanaman endemik yang terancam punah di Pegunungan Alpen, antara lain *Mossy saxifraga*, *Saxifraga oppositifolia*, dan *Cardamine resedifolia*.

#### **e. Timbulnya Wabah Penyakit**

Perubahan Iklim dapat mengubah siklus hidup beberapa hama sehingga terjadi wabah penyakit. Ketidakseimbangan ekosistem juga dapat memberi dampak pada penyebaran penyakit melalui air ataupun penyebaran lainnya.

Meningkatnya kasus demam berdarah karena munculnya ruang baru untuk berkembang biaknya nyamuk demam berdarah. Perubahan iklim dapat menyebabkan bencana alam disertai perpindahan penduduk ke tempat pengungsian sehingga memicu munculnya penyakit, seperti diare, malnutrisi, dan penyakit kulit. Jika daerah es yang membeku selama berabad-abad (*permafrost*) mencair, terdapat banyak patogen yang terlepas dan menyebar ke banyak wilayah

sehingga terjadi wabah penyakit. Contoh kasusnya adalah penyakit antraks yang muncul akibat mencairnya bangkai rusa di Siberia pada tahun 2016.

#### **4. Solusi Mengatasi Pemanasan Global**

Mengurangi konsumsi daging dan menggantinya dengan sumber makanan nabati, karena pola konsumsi daging untuk setiap orang per tahunnya menyumbang 6.700 kg CO<sub>2</sub>. Penanaman hutan kembali atau reboisasi, karena hutan memiliki fungsi vital bagi kelangsungan kehidupan makhluk hidup di dunia. Mengurangi penggunaan kendaraan pribadi dan beralih menggunakan transportasi umum. Jika jarak tempat yang ingin dikunjungi tidak terlalu jauh, Anda dapat berjalan kaki atau menggunakan sepeda sebagai alat transportasi.

Menghemat energi, seperti mematikan lampu pada siang hari, menggunakan lampu hemat energi, atau mematikan alat elektronik yang sudah tidak digunakan. Kita dapat memulai untuk menggunakan sumber energi alternatif (angin, Matahari, air, dan lainnya).

Mengurangi penggunaan plastik, seperti sedotan plastik, air minum dalam kemasan plastik, dan kantong plastik. Selalu sediakan tas belanja jika bepergian. Melakukan pengelolaan sampah yang benar. Pengelolaan sampah yang dimaksud meliputi pengumpulan, pengangkutan, pemrosesan, hingga pendauran ulang. Melakukan aksi menjaga alam dan lingkungan kepada keluarga, teman, kerabat, atau masyarakat luas, misal dengan memberikan pengetahuan untuk menjaga alam.

#### **2.2 Penelitian Yang Relevan**

- a. Sulistiani *et al* (2024). Hasil dari penelitian mendapatkan bahwa program pembelajaran berdiferensiasi berbantu lembar kerja peserta didik dapat meningkatkan kemampuan *creative problem solving* peserta didik
- b. Lu'lu Syarqia *et al* (2024), hasil dari penelitian ini mendapatkan bahwa pembelajaran diferensiasi isi dan proses dengan menggunakan model PBL dapat merangsang kemampuan pemecahan masalah siswa untuk setiap perbedaan gaya belajar yang ditunjukkan dengan peningkatan rata-rata

kemampuan pemecahan masalah siswa visual, pembelajar auditori, dan kinestetik,

- c. Vivi Puspita, Ika Parma Dewi (2021) Dari hasil penelitian ini mendapat hasil bahwa penggunaan E-LKPD berbasis pendekatan investigasi matematis berpengaruh terhadap keterampilan berpikir kritis.
- d. Fitriyah, A., & Ramadani, S. D. (2021). Hasil dari penelitian mendapatkan bahwa : 1) pembelajaran STEAM berbasis PjBL berpengaruh secara signifikan terhadap keterampilan berpikir kreatif siswa. 2) pembelajaran STEAM berbasis PjBL berpengaruh secara signifikan terhadap keterampilan berpikir kritis siswa. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran STEAM berbasis PjBL dapat digunakan sebagai alternatif pembelajaran untuk memberdayakan keterampilan abad-21

### **2.3 Kerangka Berpikir**

Sebagian besar kegiatan pembelajaran fisika masih dilakukan sama atau seragam pada semua siswa di kelas. Dalam proses pembelajaran seharusnya seluruh siswa dapat memahami konsep yang disampaikan meskipun mereka memiliki keragaman dalam kebutuhan, proses dan hasilnya. Hasil penelitian di lapangan yang diperoleh dari penelitian sebelumnya masih banyak guru yang menggunakan media pembelajaran yang sama dan seragam sehingga tidak memfasilitasi kebutuhan peserta didik yang berbeda. Permasalahan ini menyebabkan kegiatan selama proses pembelajaran hanya siswa yang memiliki kebutuhan materi, proses dan produk yang sesuai dengan e-LKPD yang digunakan guru yang dapat berperan aktif dalam proses pembelajaran. siswa yang memiliki keterampilan abad 21 yang baik yang dapat memahami konsep yang diajarkan, hal ini menyebabkan perbedaan pencapaian tujuan pembelajaran antar siswa.

Pembelajaran berdiferensiasi memungkinkan pembelajaran dapat memenuhi berbagai kebutuhan siswa. Pembelajaran berdiferensiasi mampu membantu siswa untuk dapat mencapai hasil belajar secara optimal karena produk yang akan mereka hasilkan sesuai minat. Proses pembelajaran berdiferensiasi memberikan kesempatan yang luas kepada siswa untuk mendemostrasikan materi yang telah dipelajari. Produk yang dihasilkan oleh siswa dapat disajikan dalam sebuah

artikel, infografis, poster, video *performance*, video animasi atau bentuk lain sesuai keterampilan dan minat kelompok masing-masing.

Pembelajaran dilakukan menggunakan e-LKPD berbasis proyek yang didalamnya memuat aktivitas 1 (*fase reflection*), fase ini termasuk kedalam bagian STEM yaitu pada *science*. Pada masing-masing e-LKPD pada fase ini diberikan *scan barcode* video, dan wacana disertai gambar tentang permasalahan krisis energi. Guru menayangkan ilustrasi energi yang dapat ditemui di kehidupan sehari-hari. Guru meminta siswa mengamati video dan mendiskusikan permasalahan yang muncul dari video atau wacana dan gambar tersebut. Kegiatan ini menjembatani siswa dalam melatih keterampilan abad 21 mengamati, mempertanyakan dan memprediksi serta mengakomodasi gaya belajar siswa yaitu *visual* dan *auditory*. Kegiatan ini juga melatih keterampilan abad 21 pada aspek berpikir kritis dan berpikir kreativitas

Pada aktivitas 2 (*fase research*), fase ini termasuk kedalam bagian STEM yaitu pada *science* dan *technology*. Pada fase ini peserta didik dengan kelompoknya mengumpulkan informasi dari berbagai sumber (internet) berupaya mencari apa yang dapat dilakukan sebagai pemecahan masalah keterbatasan energi serta mengidentifikasi potensi di daerah sekitar tempat tinggal siswa yang dapat dimanfaatkan untuk menangani permasalahan yang ada. Siswa menuliskan hasil diskusi pada kolom jawaban yang telah disediakan pada e-LKPD. Pada fase ini, akan terlaksana saat siswa berdiskusi dengan kelompoknya untuk mencari informasi terkait permasalahan dan dihubungkan dengan potensi di sekitar. Kegiatan ini melatih keterampilan abad 21 pada aspek berpikir kritis

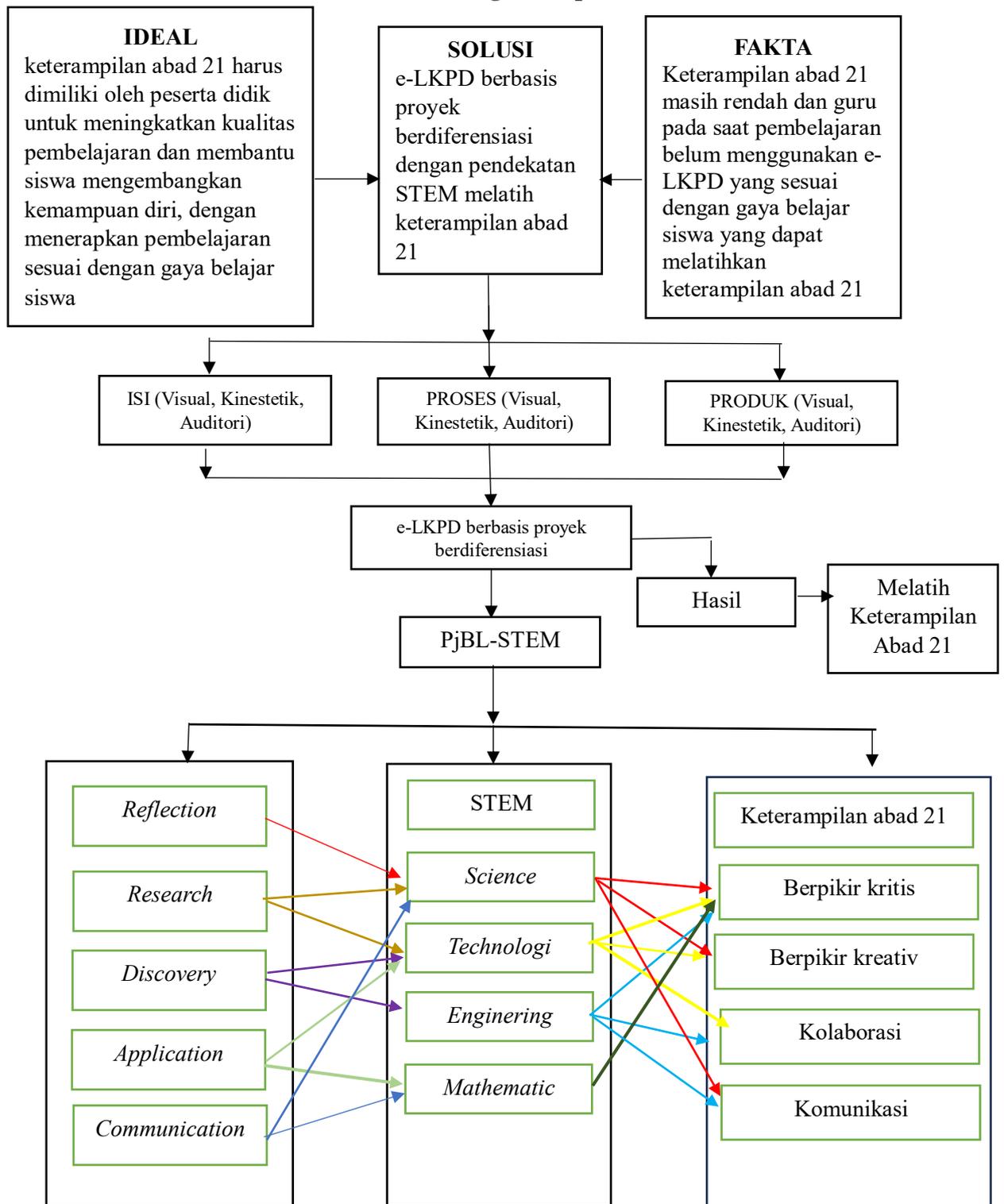
Pada aktivitas 3 (*fase discovery*), fase ini termasuk kedalam bagian STEM yaitu pada *engineering* dan *technology*. Pendidik membimbing peserta didik dengan kelompoknya untuk membuat sketsa dari ide *project* yang akan dibuat dan mengemukakan hubungan antara ide *project* dengan sketsa yang telah dibuat. Pada fase ini peserta didik sudah membuat sketsa dari ide *project* dan dilanjutkan dengan membuat proyek sederhana dengan kelompoknya mengenai penghasil energi. Kegiatan merancang proyek dibuat dengan menuliskan alat dan bahan

serta langkah-langkah pembuatannya yang didiskusikan masing-masing kelompok. Pada fase ini melatih keterampilan abad 21 pada aspek berpikir kreatif dan berpikir kritis

Pada aktivitas 4 ( fase *application*), fase ini termasuk kedalam bagian STEM yaitu pada *technology* dan *engineering*. Peserta didik dengan kelompoknya menguji produk yang telah dibuat, pada tahap ini peserta didik menghubungkan aspek STEM. Pada fase ini melatih keterampilan abad 21 pada aspek berpikir kritis serta kolaborasi dan mengakomodasi gaya belajar peserta didik yaitu kinestetik

Pada aktivitas 5 (fase *communication*) fase ini termasuk kedalam bagian STEM yaitu pada *science* dan *mathematic*. Pada fase 5 ini siswa mempresentasikan proyek sederhana dan memaparkan hasil percobaan yang telah dilakukan bersama kelompoknya. Pada fase ini melatih keterampilan abad 21 pada aspek mengkomunikasikan hasil. Setelah dilakukan ragam aktivitas dengan memanfaatkan e-LKPD dengan pendekatan STEM yang mendukung berbagai kebutuhan belajar siswa serta diharapkan tidak ada lagi perbedaan keterampilan abad 21 antar siswa meskipun mereka memiliki kebutuhan belajar yang berbeda. Berikut Gambar kerangka pikir dalam penelitian ini.

**Gambar 5. Kerangka Berpikir**

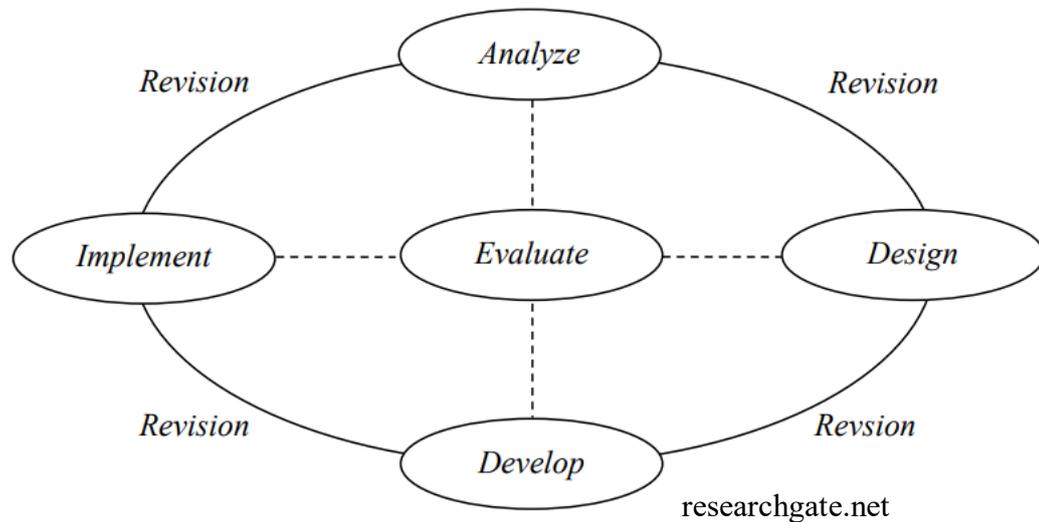




### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Desain Penelitian Pengembangan

Desain penelitian ini berpedoman pada model pengembangan instruksional ADDIE (Branch, 2010), yaitu *Analyze*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Konsep ADDIE menurut Branch (2010) dapat dijelaskan pada gambar 6.



Gambar 6. Konsep ADDIE Branch

Tujuan pada penelitian ini yaitu mengembangkan *e*-LKPD berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM untuk keterampilan abad 21.

#### 3.2 Prosedur Pengembangan Produk

Model pengembangan ADDIE memiliki 5 tahapan prosedur pengembangan yaitu: tahap analisis (*analyze*), tahap perancangan produk awal (*design*), tahap pengembangan produk (*development*), tahap implementasi produk

(*implementation*), dan tahap evaluasi (*evaluation*).

a. Tahap *Analyze*

Tahap analisis merupakan tahap dimana peneliti menganalisis perlunya pengembangan media pembelajaran dan kelayakan serta syarat-syarat pengembangan (Branch, 2010). Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian dan pengembangan pada tahap *analyze* adalah sebagai berikut:

1) Materi yang Dikembangkan

Pemilihan materi yang dikembangkan didasarkan pada analisis kebutuhan. Analisis kebutuhan dapat dilakukan dengan analisis terhadap Kompetensi yang menjadi fokus, serta indikator pencapaian tujuan pembelajaran, pada kurikulum merdeka. Materi yang dipilih adalah materi energi alternatif. Pemilihan materi ini didasari oleh alasan, hasil dari penelitian terdahulu bahwasanya terjadi kesulitan siswa pada materi energi alternatif untuk melatih keterampilan abad 21, dan hasil wawancara dengan guru fisika menunjukkan banyak siswa yang masih kurang untuk keterampilan abad 21 sehingga perlu dilatihkan kembali.

2) Menentukan Tujuan Pembelajaran

Perlunya menentukan tujuan pembelajaran dan kompetensi yang akan diajarkan berguna untuk membatasi penelitian ini supaya tidak menyimpang dari tujuan semula. Tahap ini dilakukan dengan tujuan untuk mengkonversi hasil, analisis tugas dan analisis konsep menjadi indikator hasil belajar yang harus dicapai siswa. Perumusan indikator pembelajaran didasarkan pada kompetensi inti, dan kompetensi dasar yang tercantum dalam kurikulum merdeka.

3) Memeriksa Landasan Dibutuhkan Pengembangan

Landasan pengembangan diangkat melalui studi pendahuluan, penelitian yang relevan, dan wawancara. Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk dijadikan sebagai landasan pengembangan antara lain: (1) menganalisis keterampilan abad 21 peserta didik, (2) menganalisis proses pembelajaran, (3) menganalisis potensi penggunaan *smartphone* sebagai media pembelajaran, (4) menganalisis kebutuhan alat bantu yang digunakan dalam pembuatan media pembelajaran.

b. Tahap Perancangan Produk Awal (*Design*)

Tahap kedua setelah melakukan tahap analisis adalah perancangan produk. Hasil analisis digunakan sebagai acuan dalam pengembangan *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM yang bertujuan untuk melatih keterampilan abad 21 peserta didik. Pada tahap ini peneliti menentukan capaian pembelajaran yang dikembangkan pada *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM, menentukan kisi-kisi materi dan membuat matriks. Setelah semua bahan telah ada, peneliti membuat *storyboard* untuk mengetahui gambaran produk yang akan dikembangkan.

c. Tahap Pengembangan Produk (*Development*)

Pada tahap pengembangan produk merupakan tahap dimana produk atau *e-LKPD* yang telah dirancang pada tahap sebelumnya dikembangkan secara lebih detail. Pada tahap ini, peneliti membuat produk atau *e-LKPD* secara rinci termasuk konten, media, dan evaluasi (Gustafson & Branch, 2002). Konten, media, dan evaluasi yang terdapat pada *e-LKPD* yang dapat mengakomodir kebutuhan peserta didik yang beragam.

Pada tahap pengembangan ini, beberapa hal penting yang dapat mempengaruhi keberhasilan pengembangan produk atau *e-LKPD*, diantaranya adalah (1) desain instruksional meliputi desain tujuan pembelajaran, desain struktur pembelajaran, dan desain metode pembelajaran. Dalam tahap ini, peneliti memastikan bahwa desain instruksional yang telah dirancang pada tahap sebelumnya dapat diimplementasikan secara efektif dan efisien dalam pengembangan produk atau *e-LKPD*, (2) desain media meliputi desain grafis, desain audio, dan desain multimedia. Pada tahap ini, peneliti memastikan bahwa desain media yang telah dirancang pada tahap perancangan dapat diimplementasikan secara tepat dan efektif dalam pengembangan produk atau *e-LKPD*, (3) desain penilaian pembelajaran. Dalam tahap ini, peneliti memastikan bahwa desain evaluasi yang telah dirancang pada tahap perancangan dapat diimplementasikan secara efektif dan efisien dalam pengembangan produk atau *e-LKPD*. Validasi produk yang dikembangkan melibatkan validator ahli isi serta media dan desain. Apabila

produk dinyatakan valid, maka produk dapat digunakan untuk diimplementasikan atau uji coba lapangan meliputi uji efektivitas dan kepraktisan.

d. Tahap Implementasi (*Implementation*)

Implementasi adalah langkah penerapan produk hasil pengembangan, kedalam proses pembelajaran. Pada tahap implementasi ini peneliti menguji cobakan *e-LKPD* berbasis proyek bediferensiasi dengan pendekatan STEM pada materi pemanasan global dan efek rumah kaca yang telah dikembangkan dan divalidasi oleh ahli. Uji coba lapangan dilakukan menggunakan desain penelitian kuasi eksperimen, yaitu *nonequivalent control group design* (Sugiyono, 2019) yang dapat dilihat pada Tabel 7. Desain ini digunakan untuk melihat ada atau tidaknya perbedaan nilai keterampilan abad 21 peserta didik sesudah menggunakan *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi yang telah dikembangkan.

**Tabel 7.** *Nonequivalent Control Group Design*

Sampel	<i>Pretest</i>	Tindakan	<i>Posttest</i>
I	Y1	T1	Y2
II	Y1	T2	Y2

(Sugiyono, 2019)

Keterangan:

I : Kelas kontrol

II : Kelas eksperimen

Y1 : Tes awal keterampilan abad 21(*Pretest*)

T1 : *Treatment* (perlakuan ) pembelajaran menggunakan LKPD

konvensional (tanpa proyek Berdiferensiasi dengan pendekatan STEM)

T2 : *Treatment* (perlakuan) pembelajaran menggunakan *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM

Y2 : Tes Akhir keterampilan abad 21 (*Posttest*)

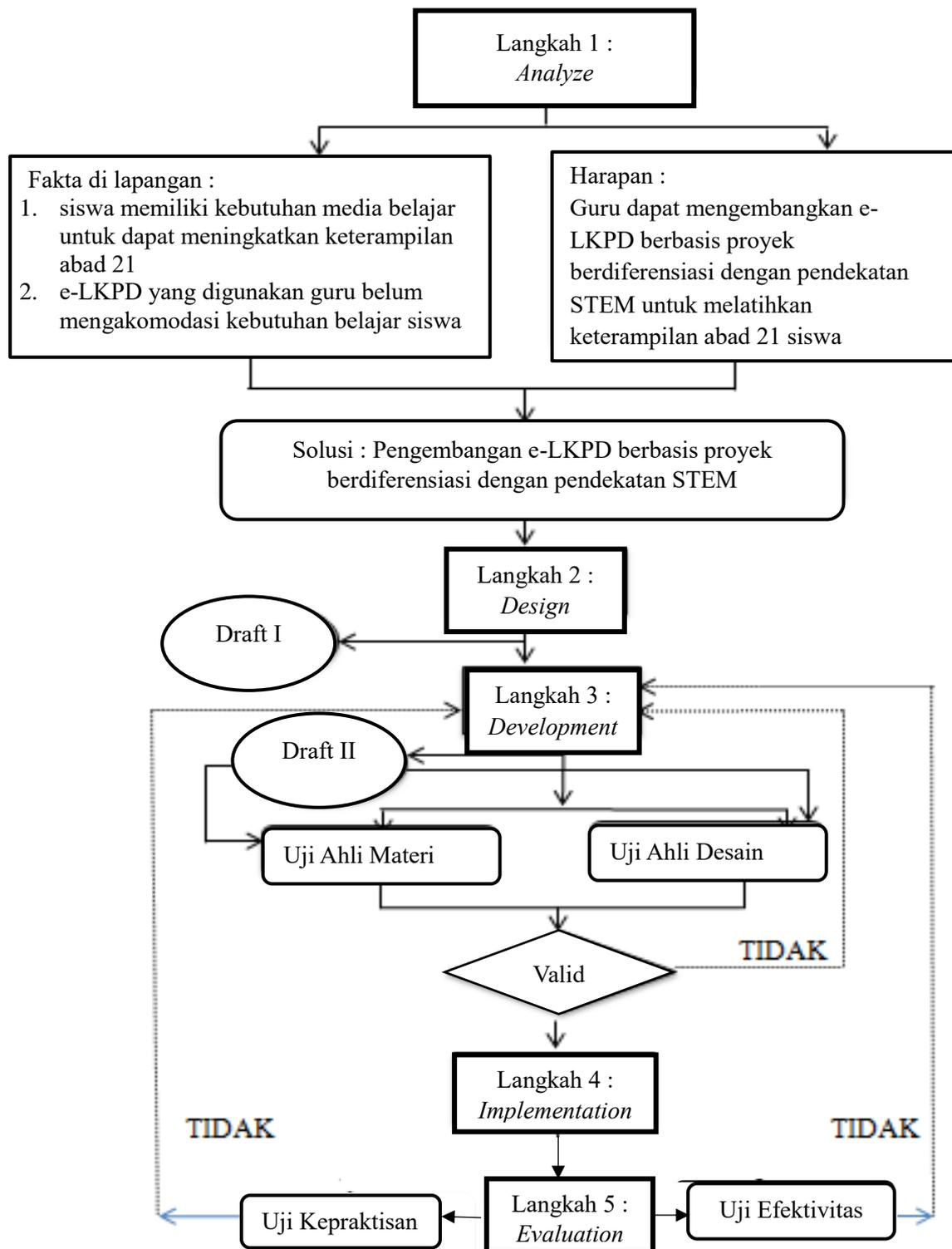
Sampel yang dipilih dilakukan secara *purposive sampling*. Kelas eksperimen (II) tersebut diberi perlakuan (T2) dengan menggunakan *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM. Sedangkan kelas kontrol (I) diberi perlakuan (T1) dengan menggunakan pembelajaran konvensional (yang biasa

digunakan oleh pendidik). Berdasarkan hasil yang didapat setelah implementasi dan pengolahan data maka dilakukan langkah selanjutnya yaitu evaluasi.

Kegiatan pembelajaran pada kelas eksperimen dengan menggunakan model pembelajaran PjBL-STEM menurut Laboy-Rush (2010) yang memiliki langkah-langkah, *Reflection* tahap membawa peserta didik ke dalam konteks masalah dan memberikan inspirasi kepada peserta didik untuk mulai menyelidiki/investigasi, *Research*, tahap ini memfasilitasi peserta didik mengambil bentuk penelitian, meneliti konsep sains, memilih bacaan atau mengumpulkan informasi dari sumber yang relevan, *discovery*, peserta didik mulai menemukan proses-proses pembelajaran, menentukan apa yang masih belum diketahui serta menemukan langkah langkah proyek sebagai pemecahan masalah, *application*, peserta didik memodelkan suatu pemecahan masalah, menguji model yang dirancang, berdasarkan hasil pengujian peserta didik dapat mengulang ke langkah sebelumnya, *communication*, peserta didik mempresentasikan model dan solusi langkah ini untuk mengembangkan keterampilan komunikasi dan kolaborasi serta kemampuan untuk menerima dan menerapkan umpan balik yang membangun.

e. Tahap Evaluasi ( *Evaluation* )

Pada tahap evaluasi adalah proses untuk melihat hasil dari proses implementasi *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM pada materi pemanasan global dan efek rumah kaca dalam proses pembelajaran di kelas yang sebenarnya. Pada tahap ini, peneliti melakukan evaluasi terhadap produk yang dikembangkan berdasarkan hasil yang diperoleh pada tahap implementasi. Pelaksanaan tahap ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kepraktisan dan keefektifan *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM pada materi pemanasan global dan efek rumah kaca. Hasil produk pada tahap evaluasi ini adalah *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi dengan STEM pada materi pemanasan global dan efek rumah kaca. Pada tahap evaluasi untuk menguji keterampilan abad 21 digunakan beberapa instrumen penilaian seperti untuk menguji berpikir kritis dan berpikir kreatif digunakan instrumen tes berupa soal, sedangkan untuk kolaborasi dan komunikasi digunakan instrumen berupa angket dan lembar observasi. Gambar 7 ringkasan tahapan penelitian dan pengembangan



Gambar 7. Ringkasan Alur Tahapan Penelitian dan Pengembangan

### 3.3 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu instrumen *test* dan *non test*.

Untuk instrumen *non test* yang digunakan yaitu: angket kebutuhan, angket uji validitas, angket uji keterlaksanaan, lembar observasi untuk menilai keterampilan kolaborasi dan komunikasi. Instrumen *test* yang digunakan adalah soal untuk menguji keterampilan berpikir kritis dan berpikir kreatif, .

#### a. Angket instrumen penilaian.

Angket yang digunakan pada penelitian ini berupa angket analisis kebutuhan yang ditujukan kepada guru dan siswa dan angket untuk penilaian keterampilan abad 21 siswa untuk bagian kolaborasi dan komunikasi. Penggunaan angket bertujuan untuk mengetahui keterampilan abad 21 siswa pada proses belajar yang telah dilakukan dan kebutuhan akan *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM yang digunakan serta yang dibutuhkan oleh guru dan siswa untuk mengakomodasi kebutuhan belajar peserta didik.

#### b. Angket Uji Validitas.

Pengisian uji validitas ini dilakukan oleh dosen ahli Universitas Lampung dan guru fisika SMA yang sudah menempuh jenjang Magister. Pengisian uji validitas bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM yang dikembangkan, sehingga dapat digunakan guru sebagai bahan ajar di kelas.

#### c. Instrumen tes (soal *pretest* dan *posttest*) .

Soal *pretest* dan *posttest* diberikan untuk melihat apakah ada perbedaan rata-rata nilai keterampilan abad 21 siswa setelah diterapkan *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi yang dikembangkan. Soal *pretest* diberikan kepada siswa sebelum diterapkan *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi. Soal *posttest* diberikan setelah dilakukan pembelajaran dengan *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi yang dikembangkan. Sedangkan untuk melihat apakah ada perbedaan rata-rata nilai keterampilan abad 21 siswa, peneliti menggunakan nilai dari jawaban pada *e-LKPD* yang digunakan pada kelas kontrol dan kelas eksperimen, instrumen tes digunakan untuk mengukur keterampilan abad 21 bagian berpikir kritis dan berpikir kreatif siswa.

d. Lembar observasi

Penggunaan lembar observasi bertujuan untuk menilai proses belajar yang telah dilakukan siswa dengan menggunakan *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM untuk menilai keterampilan abad 21 siswa pada bagian kolaborasi dan komunikasi siswa.

### 3.4 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 8..

**Tabel 8. Pengumpulan Data Hasil Penelitian**

Variabel Penelitian	Instrumen yang Digunakan	Subjek yang Dituju	Analisis Data
Validitas	Angket ahli uji materi dan uji ahli desain	Tiga dosen ahli Universitas Lampung, dan 2 orang guru fisika SMA	Analisis persentase
Kepraktisan	Angket uji keterlaksanaan, keterbacaan, dan kemudahan	Siswa Guru Mitra	Analisis persentase dan deskriptif analisis
Keefektifan	Tes (berpikir kritis dan berpikir kreatif) Lembar observasi (komunikasi dan kolaborasi)	Siswa	Analisis <i>N-gain</i> , uji <i>independent sampel t test</i> , uji <i>paired sampel t test</i> , uji <i>one way anova</i> , <i>effect size</i> , statistik, deskriptif analisis

Berdasarkan Tabel 8, dapat diketahui bahwa pada variabel yang diamati data diperoleh berdasarkan pengisian angket, lembar observasi, tes soal *pretest* dan *posttest*. Pengisian angket berupa skala *likert* yang dilakukan untuk mengetahui kevalidan, dan kepraktisan produk. Pengisian angket kevalidan dilakukan oleh validator berupa angket untuk uji ahli desain dan uji ahli materi. Saran dari validator digunakan peneliti untuk melakukan perbaikan pada *e-LKPD* berbasis proyek berdiferensiasi yang dikembangkan layak untuk digunakan guru pada proses pembelajaran di kelas, pengisian lembar observasi yang dilakukan oleh

peneliti untuk melihat kolaborasi dan komunikasi peserta didik pada saat proses pembelajaran, pengisian soal tes dilakukan oleh peserta didik untuk melihat kemampuan berpikir kritis dan berpikir kreatif peserta didik.

### 3.5 Teknik Analisis Data

Data hasil penelitian yang telah dilakukan, masih perlu dianalisis. Penelitian ini menggunakan metode campuran (*mixed method*), yaitu kualitatif dan kuantitatif.

#### 1. Analisis Validitas

Data yang digunakan untuk mengetahui validitas produk diperoleh berdasarkan pengisian angket (data kuantitatif). Angket yang digunakan berupa angket uji ahli materi dan uji ahli desain. Sistem penskoran menggunakan skala *likert* dapat dilihat pada Tabel 9

**Tabel 9. Skala *likert***

Pilihan Jawaban	Skor
Sangat sesuai	4
Sesuai	3
Kurang sesuai	2
Tidak sesuai	1

Hasil jawaban pada angket dianalisis menggunakan analisis persentase berdasarkan rumus berikut ini :

$$X \% = \frac{\Sigma \text{Skor yang diperoleh}}{\Sigma \text{Skor maksimal}} \times 100\%$$

Hasil skor yang diperoleh dikonversikan sehingga mendapatkan kualitas dari produk yang dikembangkan. Pengkonversian skor dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10. Konversi Skor Penilaian Validitas/Kepraktisan**

Persentase	Kriteria
25 % - 40 %	Validitas sangat rendah / tidak baik
40,1 % - 55 %	Validitas rendah / kurang baik
55,1 % - 70 %	Validitas sedang / cukup baik
70,1 % - 85 %	Validitas tinggi / baik
85,1 % - 100 %	Validitas sangat tinggi / sangat baik

Berdasarkan Tabel 10, peneliti memberi standar atau batasan bahwa produk yang dikembangkan dapat dikatakan *valid* apabila mencapai skor minimal 70% dengan kriteria validitas sedang / cukup baik.

## 2. Analisis Kepraktisan

Data kepraktisan produk terdiri atas lembar observasi *e-LKPD* serta lembar respon siswa melalui kuesioner terhadap kemenarikan dan keterbacaan *e-LKPD* yang dikembangkan. Hasil jawaban angket kepraktisan dianalisis menggunakan persentase pada data seperti pada validitas produk. Produk yang dikembangkan dapat dikatakan *praktis* apabila mencapai skor minimal 60% dengan kriteria praktikalitas sedang.

## 3. Analisis Keefektifan

Data yang digunakan untuk mengetahui keefektifan produk diperoleh berdasarkan tes (data kuantitatif). Tes dilakukan sebanyak dua kali, yaitu *pretest* dan *posttest*. Hasil jawaban *pretest* dan *posttest* dianalisis menggunakan nilai *N-Gain* untuk melihat perbedaan nilai kelas eksperimen dan kontrol, uji *Normalitas*, uji *Independent Sample T-Test* untuk menguji rata-rata untuk nilai *pretest* dan *posttest* terdapat perbedaan atau tidak, Uji *Paired Sample t-test*, serta *Uji One Way Anova* untuk melihat adanya perbedaan hasil belajar siswa berdasarkan pembelajaran berdiferensiasi dengan perbedaan gaya belajar (kinestetik, auditori, dan visual), dan *Effect Size*

### a. Uji *N-Gain*

Nilai *N-gain* digunakan untuk mengetahui peningkatan kemampuan multirepresentasi peserta didik. Berdasarkan hasil nilai *pretest* dan *posttest* maka dapat dihitung nilai *N-gain* dengan rumus:

$$N - Gain = \frac{\text{nilai posttest} - \text{nilai pretest}}{\text{skor maksimal idel} - \text{nilai pretest}}$$

Kriteria interpretasi nilai *N-gain* dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Kriteria nilai *N-gain*

<i>N-Gain</i>	Kriteria Interpretasi
$0,71 < N-Gain \leq 1,00$	Tinggi
$0,30 < N-Gain \leq 0,70$	Sedang
$N-Gain \leq 0,30$	Rendah

(Hake. 1998)

b. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui distribusi data normal atau tidak normal. Data yang diuji berupa nilai *N-Gain* hasil *pretest* dan *posttest*.

Uji normalitas digunakan dengan uji statistik parametrik dengan bantuan program SPSS 21. Dasar pengambilan keputusan uji normalitas dapat dilihat dari nilai *sig.* yang terdapat pada Tabel *One Sample Kolmogorov-Smirnov Test*. Kriteria uji yang digunakan yaitu (1) jika nilai *sig.* > 0,05 maka  $H_0$  diterima yang berarti data berdistribusi normal; (2) jika nilai *sig.* < 0,05 maka  $H_0$  ditolak yang berarti data terdistribusi tidak normal (Arikunto, 2011).

c. Uji perbedaan *N-Gain* kelas eksperimen dengan kelas kontrol

Uji ini bertujuan untuk melihat apakah ada perbedaan rata-rata, dengan membandingkan rata-rata *N-Gain* pada masing-masing kelas uji coba. Uji ini dilakukan pada kelas eksperimen dan kontrol menggunakan program SPSS 21. Hipotesis yang diajukan untuk nilai *N-Gain* adalah sebagai berikut.

$H_0$  : Tidak ada perbedaan rerata *N-Gain*

$H_1$  : Ada perbedaan rerata *N-Gain*

Hipotesis statistik yang diajukan adalah sebagai berikut (1 untuk kelas eksperimen dan 2 untuk kelas kontrol)

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

Keputusan diambil pada taraf nyata  $\alpha = 0,05$ , dengan ketentuan tolak  $H_0$  jika *sig.* <  $\alpha$  dan terima  $H_1$ . Namun apabila hasil uji normalitas data menunjukkan data tidak terdistribusi normal maka digunakan uji beda *Mann Whitney*.

d. Uji perbandingan rerata *pretest* dengan *posttest*

Uji ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai di kelas eksperimen, baik untuk nilai *pretest* dan *posttest*. Uji ini dilakukan menggunakan program SPSS 21, dengan tahapan uji sebagai berikut.

Hipotesis untuk kelas eksperimen

H<sub>0</sub> : Tidak ada perbedaan rerata nilai sebelum dan sesudah menggunakan *e*-LKPD berbasis proyek berdiferensiasi

H<sub>1</sub> : Ada perbedaan rerata nilai sebelum dan sesudah menggunakan program pembelajaran hasil pengembangan

Keputusan diambil pada taraf nyata 5% ( $\alpha = 0,05$ ), dengan ketentuan jika nilai *sig* > 0,05 maka data mendukung untuk terima H<sub>0</sub>. Akan tetapi, jika nilai *sig* < 0,05 maka data tidak mendukung untuk terima H<sub>0</sub>.

e. Uji *One Way Anova*

One way anova digunakan untuk membandingkan nilai N-Gain antara gaya belajar peserta didik yaitu kinestetik, auditori, dan visual, uji ini dilakukan dengan menggunakan SPSS.

f. *Effect Size*

*Effect size* digunakan untuk melihat besarnya efek penggunaan dari *e*-LKPD berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM untuk melatih keterampilan abad 21 peserta didik, dengan menggunakan rumus *effect size*

$$d = \frac{mA - mB}{[(Sd^2A + Sd^2B)/2]^{1/2}}$$

sebagai berikut:

Keterangan:

d : *effect size*

mA : nilai rata-rata *gain* kelas eksperimen

mB : nilai rata-rata *gain* kelas kontrol

sdA : standar deviasi kelas eksperimen

sdB : standar deviasi kelas kontrol

Kriteria dari nilai *effect size* dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Kriteria Nilai *Effect Size*

Nilai <i>Effect Size</i>	Nilai <i>Effect Size</i> Kategori
$0 < d < 0,2$	Efek kecil
$0,2 \leq d < 0,8$	Efek sedang
$d \geq 0,8$	Efek besar

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Produk LKPD berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM dapat melatih keterampilan abad 21 peserta didik berisi aktivitas pembelajaran berbasis proyek. Pelaksanaan LKPD pada pembelajaran dipandu dengan 3 jenis LKPD yang dihasilkan sesuai gaya belajar yaitu LKPD Kinestetik, LKPD Auditori, dan LKPD Visual. Aktivitas yang dilakukan dalam LKPD disusun berdasarkan pendekatan STEM yang kemudian dijelaskan dalam bentuk teks, gambar, video, serta soal evaluasi. Pengembangan LKPD dinyatakan valid secara isi, bahasa, media dan desain berdasarkan penilaian ahli. Dengan demikian LKPD layak untuk diimplementasikan.
2. Hasil pengembangan LKPD menunjukkan tingkat kepraktisan yang tinggi dengan persentase keterlaksanaan pembelajaran sebesar 89%, keterbacaan 89,2%, dan kemenarikan 87,4%. Hal ini mencerminkan bahwa LKPD mudah digunakan, menarik, dan sesuai dengan kebutuhan peserta didik, terutama karena disesuaikan dengan gaya belajar visual, auditori, dan kinestetik.
3. Efektivitas LKPD berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM terbukti efektif dalam melatih keterampilan abad 21 peserta didik, dengan meningkatnya keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berpikir kreatif dilihat dari peningkatan nilai N-gain yang signifikan dengan rata-rata nilai N-gain kelas eksperimen lebih besar dibandingkan dengan kelas kontrol, serta nilai *effect size* berada pada kategori tinggi. Hasil uji beda rata-rata N-gain berpikir kritis dan berpikir kreatif kelompok gaya belajar kinestetik, auditori, dan visual tidak berbeda secara signifikan. Hal ini menunjukkan LKPD hasil

pengembangan dapat mereduksi potensi perbedaan antar gaya belajar. Rata-rata keterampilan komunikasi dan kolaborasi peserta didik pada kelas eksperimen lebih besar dibandingkan dengan kelas kontrol. Maka pengembangan LKPD berbasis proyek berdiferensiasi dengan pendekatan STEM efektif dalam melatih keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif, komunikasi, dan kolaborasi.

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian ini, maka peneliti memberikan saran sebagai berikut :

1. Untuk memperoleh hasil belajar yang maksimal pada saat implementasi LKPD berdiferensiasi sebaiknya pengelompokan pada peserta didik berdasarkan gaya belajar. Gaya belajar yang sama dikelompokkan pada kelompok yang sama, pada setiap kelompok terdiri atas peserta didik dengan kemampuan awal yang bervariasi
2. Aktivitas proyek pada LKPD perlu disesuaikan dengan karakteristik dan gaya belajar peserta didik

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahwan, M. T. R., & Basuki, S. (2023). Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Siswa melalui Aktivitas Kebugaran Jasmani Menggunakan Model Project Based Learning ( PjBL ) SMA Negeri 3 Banjarbaru. *Jurnal Pendidikan Kesehatan Rekreasi* 9(1), 106–119.
- Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Penerapan project based learning terintegrasi STEM untuk meningkatkan literasi sains siswa ditinjau dari gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 202–212. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8561>
- Akmam A, Anshari R, Jalinus N, Amran A. (2020), Factors influencing the critical and creative thinking skills of college students in computational physics courses. Dalam: Ramli, M. K, Alizar, R. S, D.H. P, Yohandri, editor. 3rd International Conference on Mathematics, Sciences, Education, and Technology, ICOMSET 2018. Department of Physics: *Institute of Physics Publishing*
- Amidi, & Zahid, M. Z. (2016). Membangun Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Dengan Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan E-Learning. *Seminar Nasional Matematika X Universitas Negeri Semarang*, 1(1), 586–594
- Amri, M. S., Sudjimat, D., & Nurhadi, D. (2020). Mengkombinasikan Project-Based Learning dengan STEM untuk Meningkatkan Hasil Belajar Teknikal dan Karakter Kerja Siswa SMK. *Jurnal Teknologi, Kejuruan, Dan Pengajarannya*, 43(1), 41–50.
- Anggraini, P. D., & Wulandari, S. S. (2020). Analisis Penggunaan Model Pembelajaran Project Based Learning Dalam Peningkatan Keaktifan Siswa. *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran (JPAP)*, 9(2), 292–299. <https://doi.org/10.26740/jpap.v9n2.p292-299>
- Aprima, D., & Sari, S. (2022). Analisis Penerapan Pembelajaran Berdiferensiasi Dalam Implementasi Kurikulum Merdeka Pada Pelajaran Matematika SD. *Cendikia : Media Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 13(1), 95–101.
- Aprilia. D, K., & Nugraheni, N. (2022). Analisis gaya belajar peserta didik pada hasil bELAJAR. *Jurnal Riset Pendidikan Dasar*, 4(2), 76–83. <https://doi.org/10.30595/jrpd.v4i2.16051>

- Ardiansyah, R., Diella, D., & Suhendi, H. Y. (2020). Pelatihan Pengembangan Perangkat Pembelajaran Abad 21 Dengan Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis STEM Bagi Guru IPA. *Publikasi Pendidikan*, 10(1), 31. <https://doi.org/10.26858/publikan.v10i1.12172>
- Arikunto, S. (2011b). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Bumi Aksara
- Azzahra, U., Arsih, F., & Alberida, d. H. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik Pada Pembelajaran Biologi. *Journal of Science Education*, 03(1): 49-60. <https://doi.org/https://doi.org/10.52562/biochephy.v3i1.550>
- Bao, L., & Koenig, K. (2019). Physics education research for 21st century learning. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0007-8>
- Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39–43.
- B., R., Dewi, S., Arifin, Y., Amin, N., & Mukhlis, B. (2022). Analisa Penggunaan Energi Angin Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Di Kota Palu. *Foristek*, 13(2), 67–74. <https://doi.org/10.54757/fs.v13i2.145>
- Blotnicky, K. A., Franz-Odenaal, T., French, F., & Joy, P. (2018). A study of the correlation between STEM career knowledge, mathematics self-efficacy, career interests, and career activities on the likelihood of pursuing a STEM career among middle school students. *International Journal of STEM Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0118-3>
- Branch, R. M. (2010). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- Cahaya, M. D., Pamungkas, Y., Faiqoh, E. N. (2023). Analisis Karakteristik Siswa sebagai Dasar Pembelajaran Berdiferensiasi terhadap Peningkatan Kolaborasi Siswa Analysis of Students 'Characteristic as the Basis for Differentiated Learning to Improved Student Collaboration. *BIOMA: Jurnal Biologi Dan Pembelajaran Biologi*, 75, 31–45. <https://doi.org/10.32528/bioma.v>
- Cahyadi, A. (2019). *Pengembangan media dan sumber belajar: Teori dan prosedur*. Serang: Laksita Indonesia.
- Cahyanti, N. A., Suyanto, S., Wantara, N., Begimbetova, G. A., Unayah, H., & Rasyid, M. (2023). A systematic review of STEM education implementation in Indonesian high schools: Opportunities, challenges, and policy recommendations. *International Journal of STEM Education for Sustainability*, 3(1), 25–38. <https://doi.org/10.55927/ijsses.v3i1.3913>

- Chalim, M. N., Mariani, S., & Wijayanti, K. (2019). Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa SMK Ditinjau dari Self Efficacy pada Setting Pembelajaran Project Based Learning Terintegrasi STEM. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 2(1), 540–550
- Chelliah, J., Nair, S., & Lee, P. (2022). *Critical thinking as a cornerstone for effective learning: Implications for student development. Journal of Educational Development*, 15(2), 45–59.  
<https://doi.org/10.1234/jed.2022.01502>
- Chong, A. B., Lim, C. D., & Tan, E. F. (2022). *Fostering student creativity to thrive in the age of automation: A study on the irreplaceability of human innovation. Journal of Educational Innovation*, 14(3), 101–115.  
<https://doi.org/10.xxxx/jei.2022.01403>
- Chung Y, Yoo J, Kim SW, Lee H, Zeidler DL. (2014), Enhancing students' communication skills in the science classroom through socioscientific issues. *Int J Sci Math Educ*.14(1):1–27.
- Darmuki, A., Hariyadi, A., & Hidayati, N. A. (2022). Pembelajaran PBL Kolaborasi PjBL untuk Meningkatkan Keterampilan 4C pada Mata Kuliah Pragmatik. *Jurnal Penelitian Dalam Bidang Pendidikan Dan Pengajaran*, 16(1), 21–27.
- Deepthi, T. (2021). A Paradigm Shift through Digital Technology in Teaching and Learning Process. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 100–103.  
<https://doi.org/10.48175/ijarsctv2-i3-317>
- Dias, M., & Brantley-Dias, L. (2017). Setting the standard for project based learning: A proven approach to rigorous classroom instruction. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 11(2).  
<https://doi.org/10.7771/1541-5015.1721>
- Ditasona, C. (2017). Penerapan Pendekatan Differentiated Instruction dalam Peningkatan Kemampuan Penalaran Matematis Peserta didik SMA. *Jurnal EduMatSains*, 2(1), 43–54.
- Dragomir IA, Niculescu BO, (2020). Different approaches to developing writing skills. *Land Forces Acad Rev*, 25(3):201–6.
- Dunbar NE, Brooks CF, Kubicka-Miller T, (2006) . Oral communication skills in higher education: Using a performance-based evaluation rubric to assess communication skills. *Innov High Educ*, 31(2):115–28
- Dunn, R., & Dunn, K. (1993). *Teaching Secondary Students Through Their Individual Learning Styles: Practical Approaches for Grades 7–12*. Boston: Allyn and Bacon.
- El-Deghaidy, H., & Mansour, N. (2015). Science Teachers' Perceptions of STEM

- Education: Possibilities and Challenges. *International Journal of Learning*, 1(1), 51–54. <https://doi.org/10.18178/IJLT.1.1.51-54>
- Elisabet, E., Syamsuar, S., & Marlina, L. (2019). Pengembangan LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan keterampilan abad 21 siswa SMP pada materi perubahan energi. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(4), 519–528. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i4.21652>
- Ennis, R. H. (1985). *A logical basis for measuring critical thinking skills. Educational Leadership*, 43(2), 44–48.
- Erlinawati, C. E., Bektiarso, S., & Maryani. (2019). Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis Stem Pada Pembelajaran Fisika. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika*, 4(1), 1–4.
- Erdogan, İ., Ciftci, A., & Topcu, M. S. (2017). STEM education practices: Examination of the argumentation skills of pre-service science teachers. *Journal of Education and Practice*, 8(12), 76–86.
- Etikamurni, D. P., Istiyowati, A., & Ayu, H. D. (2023). Upaya Peningkatan Motivasi Belajar Fisika Melalui Discovery Learning - Berdiferensiasi di Era Kurikulum Merdeka. *Jurnal Terapan Sains dan Teknologi*, 5 (2), 179–189. <https://doi.org/10.21067/jtst.v5i2.8904>
- Fiteriani, I., Diani, R., Hamidah, A., & Anwar, C. (2021). Project-based learning through STEM approach: Is it effective to improve students' creative problem-solving ability and metacognitive skills in physics learning? *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1796(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/01205>
- Firmansyah. (2019). Penerapan model pembelajaran PJBL -STEAM menggunakan media video camtasia untuk meningkatkan literasi pada pembelajaran bahasa Indonesia kelas V SDN 120 Berru, Soppeng. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*, 3 No 2(2), 499–518.
- Fitriyah, A., & Ramadani, S. D. (2021). Pengaruh Pembelajaran Steam Berbasis Pjbl ( Project-Based Learning ) Terhadap Keterampilan berpikir kritis. *Journal Of Chemistry And Education (JCAE)*, X(1), 209–226.
- Fleming, N. D. (2001). *Teaching and Learning Styles: VARK Strategies*. Christchurch, New Zealand: Neil Fleming.
- Gilakjani, A. P. (2012). Visual, auditory, kinaesthetic learning styles and their impacts on English language teaching. *Journal of Studies in Education*, 2(1), 104–113. <https://doi.org/10.5296/jse.v2i1.1007>
- Grech, J. (2022). Exploring nursing students' need for social presence and its relevance to their learning preferences. *Nursing Open*, 9(3), 1643–1652. <https://doi.org/10.1002/nop2.1189>

- Greenier, V. T. (2020), The 10Cs of project-based learning tesol curriculum. *Innovation in Language Learning and Teaching*, 14(1): 27–36. <https://doi.org/10.1080/17501229.2018.1473405>.
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5(9), 444–454. <https://doi.org/10.1037/h0063487>
- Hadinugrahaningsih, T., Rahmawati, Y., Ridwan, A., Budiningsih, A., Suryani, E., Nurlitiani, A., & Fatimah, C. (2017). Keterampilan Abad 21 dan STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) Project dalam Pembelajaran Kimia. In *LPPM Universitas Negeri Jakarta*.
- Hake, R.R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(64). doi: 10.1119/1.18809.
- Harasim LM. (2017). Learning theory and online technologies. Second edition. New York London: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Herwina, W. (2021). Optimalisasi kebutuhan murid dan hasil belajar dengan pembelajaran berdiferensiasi. *Perspektif Ilmu Pendidikan*, 35(2), 175–182. <https://doi.org/10.21009/PIP.352.10>
- Hargie, O. (2011). *Skilled interpersonal communication: Research, theory and practice* (5th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203837421>
- Hidayati, T., Nasbey, H., & Effendi, Z. M. (2021). Pengembangan e-LKPD berbasis pendekatan saintifik pada materi suhu dan kalor untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika (JIPF)*, 10(1), 45–50. <https://doi.org/10.24114/jipf.v10i1.24631>
- Indah Wulandari, Setyo Admoko, (2023) Validitas Lembar Kerja Berbasis Problem Based Learning (PBL) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik pada Bahan Kajian Energi Terbarukan, *Inovasi Pendidikan Fisika*, ;12(3):57-67
- Irawati, I., Ilhamdi, M. L., & Nasruddin, N. (2021). Pengaruh gaya belajar terhadap hasil belajar IPA. *Jurnal Pijar Mipa*, 16(1), 44–48. <https://doi.org/10.29303/jpm.v16i1.2202>
- Irwandani I, Suyatna A, Haenilah EY, Maulina D, (2024). Readiness of Indonesian pre-service science teachers for society 5.0. *J Educ Learn (EduLearn)*. 18(2):391-402.
- Jauhariyyah, F. R., Suwono, H., & Ibrohim. (2017). Science, Technology, Engineering and Mathematics Project Based Learning (STEM-PjBL) pada Pembelajaran Sains. *Prosiding Seminar Pendidikan IPA Pascasarjana UM*, 2(1), 432–436. <https://pasca.um.ac.id/conferences/index.php/ipa2017/article/view/1099>

- Julian, R., & Suparman, S. (2019). Analisis kebutuhan e-LKPD untuk menstimulasi kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Dalam *Proceedings of the 1st STEEM 2019* 238–243. ISBN 978-602-0737-35
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). *Learning together and alone: Cooperative, competitive, and individualistic learning* (5th ed.). Allyn & Bacon.
- Kamilasari, N. W., Astutik, S., & Nuraini, L. (2019). Model pembelajaran collaborative creativity (CC) berbasis SETS seminar nasional pendidikan fisika. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika*, 4(1), 207–213.
- Kamal, S. (2021). Implementasi Pembelajaran Berdiferensiasi. *Jurnal Pembelajaran Dan Pendidikan*, 1(1), 1–12.
- Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. (2006). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 317–334). Cambridge University Press.
- Kristiani, K. D., Mayasari, T., & Kurniadi, E. (2017). Pengaruh Pembelajaran STEM-PjBL terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif. *Prosiding SNPF (Seminar Nasional Pendidikan Fisika)*, 1(1), 266–274. <http://e-journal.unipma.ac.id/index.php/snpf/article/view/1719>
- Kwangmuang, S., Bunterm, T., & Wuttiwan, T. (2021). Development of 21st century skills through problem-based learning activities in science education. *Journal of Science Education and Technology*, 30(2), 237–247. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09890-3>
- Laboy-Rush, D. (2010). Integrated STEM education through game-based learning. *Learnine*, 4(2), 2238–2242. <https://doi.org/10.51272/pmna.42.2020-381>
- Laily Salma Hanum (2024). Implementation and Challenges of the Independent Curriculum in 21st Century Learning. *PAKAR Pendidikan*. 22(2), 151-162, <https://doi.org/10.24036/pakar.v22i2.510>
- Lestari, S. (2021). Pengembangan Orientasi Keterampilan Abad 21 pada Pembelajaran Fisika melalui Pembelajaran PjBL-STEAM Berbantuan Spectra-Plus. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 6(3), 272–279. <https://doi.org/10.51169/ideguru.v6i3.243>
- Liliawati, W., Setiawan, A., Rahmah, S., & Dalila, A. A. (2022). Pengaruh Pendekatan Pembelajaran Diferensiasi dalam Model Inkuiri terhadap Kemampuan Numerasi Peserta didik. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dan Pembelajaran*, 6(2), 393–401
- Loshkareva E Luksha, P, Ninenko, I, Smagin, D,& Sudakov, D, (2021). Skills of the Future: How to Thrive in the Complex New World. [Internet]. Tersedia

pada:[http://www.globaledufutures.org/images/people/GEF\\_Skillsofthefuture\\_report.pdf](http://www.globaledufutures.org/images/people/GEF_Skillsofthefuture_report.pdf)

- Lucas, B., & Spencer, E. (2020). *A field guide to assessing creative thinking in schools*. Winchester, UK: Centre for Real-World Learning, University of Winchester. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/359314332>
- Lujan, H. L., & DiCarlo, S. E. (2006). First-year medical students prefer multiple learning styles. *Advances in Physiology Education*, 30(1), 13–16. <https://doi.org/10.1152/advan.00045.2005>
- Lu'lu' Syarqia., Suyatna, A., & Suana, W. (2024). *Implementing differentiated learning using the problem-based learning model to stimulate students' problem-solving skills*. *Asian Journal of Science Education*, 6(1), 1–15. <https://doi.org/10.24815/ajse.v6i1.36928>
- Mailizar M, Fan L. (2020) Indonesian teachers' knowledge of ICT and the use of ICT in secondary mathematics teaching. *Eurasia J Math Sci Technol Educ*. 16(1):1–13.
- Mamahit, J. A., Aloysius, D. C., & Suwono, H. (2020). Efektivitas model Project-Based Learning terintegrasi STEM (PjBL-STEM) terhadap keterampilan berpikir kreatif siswa kelas X. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 5(9), 1284–1289. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v5i9.14034>
- Manalu, A., Sitorus, P., & Harita, T. H. (2023). Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan Efek Model PBL dengan Stategi Pembelajaran Diferensiasi terhadap Pemahaman Konsep dan Keterampilan Proses Sains Peserta didik SMA. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 5(1), 159–172. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v5i1.4630>
- Mardhiyah, R. H., Aldriani, S. N. F., Chitta, F., & Zulfikar, M. R. (2021). Pentingnya Keterampilan Belajar di Abad 21 sebagai Tuntutan dalam Pengembangan Sumber Daya Manusia. *Lectura: Jurnal Pendidikan*, 12(1), 187–193.
- Mardlatillah, U., & Sa'adah, N. (2022). Penerapan pembelajaran berdiferensiasi berbasis gaya belajar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 11(1), 45–53.
- Marlina, M., Yuliana, S., & Handayani, E. S. (2022). Pendampingan implementasi model pembelajaran berdiferensiasi dan sekolah ramah disabilitas. *Abdi: Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, 7(1), 236–244. <https://doi.org/10.24036/abdi.v7i1.1158>
- Maros, Milan, et al. (2023) Project-based learning and its effectiveness: evidence from Slovakia. *Interactive Learning Environments*,; 31(7): 4147-4155.

- Mujito. (2014). Konsep belajar menurut Ki Hajar Dewantara dan relevansinya dengan pendidikan agama Islam. *Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 11(1), 59–77.
- Mundilarto, & Ismoyo, H. (2017). Effect of problem-based learning on improvement physics achievement and critical thinking of senior high school student. *Journal of Baltic Science Education*, 16(5), 761–779. <https://doi.org/10.33225/jbse/17.16.761>
- Murniarti, E. (2017). Penerapan Metode Project Based Learning. *Journal of Education*, 3(2), 369–380.
- Muslimin, M., & Purwaningsih, E. (2023). Meta-Analisis: Pengaruh LKPD berbasis PBL terhadap kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah dalam fisika. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 11(2), 38–45
- Nasrullah, N., Suyatna, A., & Anwar, Y. (2018). Pengaruh penggunaan LKPD berbasis model kooperatif tipe STAD terhadap aktivitas dan hasil belajar siswa pada materi suhu dan kalor. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 7(2), 179–190. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v7i2.2881>
- Naurah Nazifah, Asrizal. (2022). *Development of STEM Integrated Physics E-Modules to Improve 21st Century Skills of Students*. *Journal of Research in Science Education*, 8(4), 2078-2084.
- Ningrum, R., Rahman, T., & Riandi, R. (2021). Penerapan STEM FROM HOME dengan Model PjBL untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa SMP. *PENDIPA Journal of Science Education*, 6(1), 299–307. <https://doi.org/10.33369/pendipa.6.1.299-307>
- Noh, H., Lee, J., & Kim, M. (2022). Students' autonomous learning in learner-centered environments: How and why students engage with learning resources without direct instruction. *International Journal of Educational Research*, 113, 101964. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2022.101964>
- Nugraha, A. T., Jalmo, T., & Surbakti, A. (2021). Pengaruh Model Project Based Learning (PjBL) Terhadap Kemampuan Komunikasi Sains dan Berpikir Kreatif. *Journal Bioterdidik*, 7(3), 50–58.
- Nurul, D. (2022). Analisis Kesulitan Kemampuan Pemecahan Masalah Pada Peserta Didik Dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Inovasi dan Teknologi Pendidikan JURINOTEP* ; 1(1): 110-120. DOI Issue: <https://doi.org/10.46306/jurinotep.v1i1>
- Nyeneng, I. D. P., Ertikanto, C., Suyatna, A., & Astawan, I. K. (2019). Use of Problem-Based Electronic Worksheet on Hooke's Law Materials to Increase Creativity of Students. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 10(1), 67–78. <https://doi.org/10.23960/jpf.v10.n1.202207>
- Parinduri, L., & Parinduri, T. (2020). Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi

Terbarukan. *Journal of Electrical Technology*, 5(2), 88–92.  
<https://www.dosenpendidikan>.

Partnership for 21st Century Skills. (2019). Framework for 21st century learning: A unified vision for learning to ensure student success in a world where change is constant and learning never stops. Retrieved from <http://www.battelleforkids.org/networks/p21>

Paulo C Dias, John R Mergendoller. (2017). Implication project-based learning research for teacher in the 21st century. IGI Global. DOI: 10.4018/978-1-5225-1610-1.ch011

Pedersen, S., & Hoby, M. (2020). Implications of assessing student-driven projects: A case study of possible challenges and an argument for reflexivity. *Education Sciences*, 10(1), 19. <https://doi.org/10.3390/educsci10010019>

Peduk, R. (2022). *Strategi pembelajaran berdiferensiasi*. Jawa Tengah: Eureka Media Aksara.

Prastowo, Andi. (2016). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: Diva Press.

Puccio, G. J., Mance, M., & Murdock, M. C. (2020). *Creative leadership: Skills that drive change* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.

Purwoto, B. H., Jatmiko, J., Fadilah, M. A., & Huda, I. F. (2018). Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 18(1), 10–14.  
<https://doi.org/10.23917/emitor.v18i01.6251>

Puspita, V., & Dewi, I. P. (2021). Efektifitas e-LKPD berbasis pendekatan investigasi terhadap kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(1), 86–96.

Rafiska, Rahmi Susanti, (2023), Analisis Profil Gaya Belajar Peserta Didik Sebagai Data Pembelajaran Berdiferensiasi Di Kelas Xii Sma Negeri 1 Palembang. *Research and Development Journal Of Education*, 9(1), 474 – 482 DOI: <http://dx.doi.org/10.30998/rdje.v9i1.17043>

Rahayu, R., Rosita, R., Rahayuningsih, Y. S., Hernawan, A. H., & Prihantini, P. (2022). Implementasi Kurikulum Merdeka Belajar di Sekolah Penggerak. *Jurnal Basicedu*, 6(4), 6313–6319.  
<https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3237>

Rasyid, M. Al, & Khoirunnisa, F. (2021). The Effect Of Project-Based Learning On Collaboration Skills Of High School Students. *Jurnal Pendidikan Sains (Jps)*, 9(1), 113. <https://doi.org/10.26714/jps.9.1.2021.113-119>

- Rethman, C., Perry, J., Donaldson, J. P., Choi, D., & Erukhimova, T. (2021). Impact of informal physics programs on university student development: Creating a physicist. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), 20110. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.020110>
- Ritonga, M., Harahap, F., & Dalimunthe, M. (2020). Pengaruh penggunaan LKPD berbasis inkuiri terbimbing terhadap keterampilan komunikasi ilmiah siswa pada materi suhu dan kalor di kelas XI SMA Negeri 2 Panyabungan. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.22611/jpf.v8i1.2345>
- Rosyidah, N. D., Kusairi, S., & Taufiq, A. (2021). Kemampuan Berpikir Kritis Siswa melalui Model STEM PjBL disertai Penilaian Otentik pada Materi Fluida Statis. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 5(10), 1422. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v5i10.14107>
- Roekel, D. V. (2016). *Preparing 21st century students for a global society: An educator's guide to the "Four Cs"*. National Education Association. <https://www.nea.org/assets/docs/A-Guide-to-Four-Cs.pdf>
- Runco, M. A., & Acar, S. (2012). Divergent thinking as an indicator of creative potential. *Creativity Research Journal*, 24(1), 66–75. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.652929>
- Rusdin, N. M. (2018). Teachers' readiness in implementing 21st century learning. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 8(4), 1293–1306. <https://doi.org/10.6007/IJARBSS/v8-i4/4270>
- Sabirov, A., Ismagambetova, F. A., & Yurchenko, A. L. (2022). Using Digital Technologies to Improve the Efficiency of Discussion Environments for Economics Students During COVID-19. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies*, 17(1), 1–13. <https://doi.org/10.4018/IJWLTT.296726>
- Safitri, N., & Tanjung, I. F. (2023). Development of STEM-Based Student Worksheets on Virus Material to Improve Student Science Literacy. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(3), 1457–1464. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i3.3288>
- Setiadi, H., Marlina, L., & Wulandari, F. (2020). Pengaruh penggunaan LKPD terhadap aktivitas dan motivasi belajar siswa pada pembelajaran IPA di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 4(4), 1125–1132. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v4i4.465>
- Setyono, A. E., & Kiono, B. F. T. (2021). Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020–2050. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(3), 154–162. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11157>

- Sri Wahyuni, A Halim , Evendi, M.Syukri, Fitria Herliana (2021). Development of Student Worksheets Based on Investigative Science Learning Environment (ISLE) Approach to Improve Students' Creative Thinking Skills. *Journal of Research in Science Education*, 7(10), 39–45. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v7iSpecialIssue.903>
- Stohlmann, M. (2020). Integrated STEM education through game-based learning. *Conference: 42nd Meeting of the North American* <https://doi.org/10.51272/pmena.202-381>
- Sudinpreeda, H., Mutohhar, M., Nurcahyo, A. D., & Kartika, F. (2020). the Presence of Collaboration Skill in Elt Class. *Prominent*, 3(2), 305–312. <https://doi.org/10.24176/pro.v3i2.5333>
- Suganda E, Latifah S, Irwandani, Sari PM, Rahmayanti H, Ichsan IZ, (2021). STEAM and Environment on students' creative-thinking skills: A meta-analysis study. *Journal of Physics: Conference Series*. 1796(1). doi:10.1088/1742-6596/1796/1/012101
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian pendidikan: Pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung:Alfabeta.
- Sukmawijaya, Y., Suhendar, & Juhanda, A. (2019). Pengaruh Model Pembelajaran Stem-Pjbl Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Pada Materi Pencemaran Lingkungan. *BioEdUIN*, 9(9), 28–43.
- Sulistiani, Suyatna A, Rosidin U, (2024), Differentiated Learning Assisted by Student Worksheets with STEM Content on Alternative Energy Materials to Improve Science Process Skills and Creative Problem Solving, *Journal of Research in Science Education*, 10(1), 385 – 395 , DOI: 10.29303/jppipa.v10i1.5253
- Sumantri, M. S., Gandana, G., Supriatna, A. R., Iasha, V., & Setiawan, B. (2022). Maker-Centered Project-Based Learning: The Effort to Improve Skills of Graphic Design and Student's Learning Liveliness. *Journal of Educational and Social Research*, 12(3), 191–200. <https://doi.org/10.36941/jesr-2022-0078>
- Sutardji. (2016). *Perencanaan dan pengembangan sumber daya manusia*. Yogyakarta: Dee Publish.
- Sutaga, I. W. (2022). *Tingkatkan kompetensi guru melalui pembelajaran berdiferensiasi*. *Jurnal Inovasi*, 8(9), 58–65.
- Sutarman, Sunendar D, Mulyati Y, (2019). Investigating cooperative learning model based on interpersonal intelligence on language learners skill to write article. *Int J Instr*. 12(4):201–218.
- Syarqia L, Suyatna A, Suana W, (2024), Implementing Differentiated Learning Using the Problem-Based Learning Model to Stimulate Students Problem-Solving Skills, *Asian Jurnal of Science Education*, 6(1), 145 – 154

- Taufiqurrahman, A., & Windarta, J. (2020). Overview Potensi dan Perkembangan Pemanfaatan Energi Air di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 1(3), 124–132. <https://doi.org/10.14710/jebt.2020.10036>
- Tomlinson, C. A. (1999). Differentiated Classroom. In *Association for Supervision and Curriculum Development* (Vol. 37, Issue 3).
- Tomlinson, C. A. (2001). *How to differentiate instruction in mixed-ability classrooms* (2nd ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD).
- Torrance, E. P. (1974). Torrance Tests of Creative Thinking: Norms-technical manual. *Bensenville, IL: Scholastic Testing Service*.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. Jossey-Bass.
- Vivi Puspita, & Ika Parma Dewi. (2021). Efektifitas E-LKPD berbasis Pendekatan Investigasi terhadap Kemampuan Berfikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Cendekia*, 5(1), 86-96
- Wahyu Yun Santoso, (2015). Kebijakan Nasional Indonesia dalam Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim, *HALREY*, 1(3) 371-390.
- Wardah, I., Septaria, K., Mahbubah, K., & Mubarak, H. (2022). The Effect of Project Based Learning (PjBL) Model on Students' Science Literacy in Social Studies Subjects. *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: E-Saintika*, 6(2), 108–119. <https://doi.org/10.36312/esaintika.v6i2.738>
- Widana, I. W., Sopandi, A. T., & Suwardika, G. (2021). Development of an authentic assessment model in mathematics learning: A Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach. *Indonesian Research Journal in Education*, 5(1), 192–209. <https://doi.org/10.22437/irje.v5i1.12992>
- Widiyanti, Sri, Toin, Dyah Rosna Yustanti (2021). Efektifitas Pembelajaran Berbasis Proyek Terhadap Kreatifitas Mahasiswa Di Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Ilmiah IT CIDA*, 7(1): 35-43.
- Wijayanti, A., & Fajriyah, K. (2018). Implementasi Stem Project Based Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Kerja Ilmiah Mahasiswa Calon Guru Sd. *Jurnal Pendidikan Sains (JPS)*, 06(02), 62–69.
- Wiyanto E, Suyatna A, Ertikanto C, (2022). Implementation Of Macromedia Flash-Based Parabola Virtual Practicum Application in Growing Science .Process Skills During the Covid-19 Pandemic. *J Penelit Pendidik IPA*, 8(2):718–23.

- Yasa, P., & Suswandi, I. (2023). Pengaruh model pembelajaran PjBL-STEM terhadap keterampilan berpikir kreatif siswa kelas XI MIPA SMA Negeri 4. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 13(2), 352–361.
- Yeni Sherliyanti, Mukhayyarotin N.R, (2024), Validitas Instrumen Penilaian Berbasis Kelas untuk Mengukur Kompetensi Literasi Sains Peserta Didik pada Materi Pemanasan Global. *Inovasi Pendidikan Fisika*, 13(3):168-176
- Yildirim, B. (2015). Adaptation of Stem Attitude Scale To Turkish. *Internasional Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10(3), 1117–1130.
- Yıldırım, H. İ. (2020). The effect of using out-of-school learning environments in science teaching on motivation for learning science. *Participatory Educational Research*, 7(1), 143–161.  
<https://doi.org/10.17275/per.20.9.7.1>
- Yokhebed. (2019). Profil Kompetensi Abad 21: Komunikasi, Kreativitas, Kolaborasi, Berpikir Kritis Pada Calon Guru Biologi Profile of 21st Century Competency: Communication, Creativity, Collaboration, Critical Thinking at Prospective Biology Teachers. *Bio-Pedagogi*, 8(2), 94 - 97.  
<https://doi.org/10.20961/bio-pedagogi.v8i2.36154>
- Yuberti Y, Rantika J, Irwandani I, Prasetyo AE, (2019). The Effect of Instructional Design Based on Learning Cycle 7E Model with Mind Map Technique to the Students ' Critical Thinking Skills. *J Griftes Educ Creat*. 6(3):176–191.
- Yulianto, A., Fatchan, A., Asnita, I., & K. (2021). Pembelajaran Projekct Based Learning Berbasis Lesson Study untuk Meningkatkan Keaktifan. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 3(2), 448–453.