

**PENGEMBANGAN LKPD MITIGASI BENCANA ALAM BERBASIS
PJBL-STEM BERBANTUAN MICRO:BIT UNTUK
MENINGKATKAN *SELF AWARENESS* DAN
*CREATIVE PROBLEM SOLVING***

(Tesis)

Oleh

**AYU NURJANAH
NPM 2223022011**



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

ABSTRAK

PENGEMBANGAN LKPD MITIGASI BENCANA ALAM BERBASIS PJBL-STEM BERBANTUAN MICRO:BIT UNTUK MENINGKATKAN *SELF AWARENESS* DAN *CREATIVE PROBLEM SOLVING*

Oleh

AYU NURJANAH

Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan LKPD mitigasi bencana alam berbasis PjBL-STEM yang valid untuk menstimulus *self awareness* dan *creative problem solving* peserta didik pada topik pemanasan global, serta kepraktisan dan efektivitas dari LKPD tersebut. Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan dengan desain 4D yang terdiri dari langkah *define*, *design*, *develop*, dan *dessiminate*. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis persentase terhadap skor validitas dan kepraktisan, serta analisis statistik untuk efektivitas. Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa: 1) LKPD Mitigasi Bencana Alam Berbasis PjBL-STEM yang dikembangkan memuat 2 kegiatan yang berisi aktivitas *reflection*, *research*, *discovery*, *application* dan *communication* pada masing-masing kegiatan. LKPD dilengkapi dengan penggunaan media pendukung dan juga dilengkapi dengan simbol yang akan membantu aktivitas peserta didik menyelesaikan proyek dan aktivitas guru dalam melakukan penilaian. LKPD mitigasi bencana alam berbasis PjBL-STEM dinyatakan valid secara isi, bahasa, media dan desain berdasarkan hasil penilaian; 2) LKPD mitigasi bencana alam berbasis PjBL-STEM dinyatakan praktis ditinjau dari segi keterlaksanaan, kemenarikan, dan keterbacaan, terkategori sangat praktis, sehingga dapat digunakan pada pembelajaran Fisika SMA, Kurikulum Merdeka, Fase E, topik Pemanasan Global; serta 3) LKPD mitigasi bencana alam berbasis PjBL-STEM dinyatakan efektif dalam meningkatkan kemampuan *self awareness* dan *creative problem solving* peserta didik pada Topik Pemanasan Global.

Kata Kunci: *Creative Problem Solving*, LKPD, PjBL-STEM, *Self Awareness*

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF NATURAL DISASTER MITIGATION LKPD BASED ON PJBL-STEM ASSISTED BY MICRO:BIT TO INCREASE SELF AWARENESS AND CREATIVE PROBLEM SOLVING

By

AYU NURJANAH

This research aims to describe a valid PjBL-STEM-based natural disaster mitigation worksheet to stimulate students' self-awareness and creative problem-solving on the topic of global warming, as well as the practicality and effectiveness of the worksheet. This type of research is development research with 4D design which consists of the steps define, design, develop, and describe. The data analysis technique used is a percentage analysis of validity and practicality scores, as well as statistical analysis for effectiveness. Based on the results of the data analysis that has been carried out, it can be concluded that: 1) The developed PjBL-STEM Based Natural Disaster Mitigation LKPD contains two activities containing reflection, research, discovery, application, and communication activities for each activity. LKPD is equipped with the use of supporting media and is also equipped with symbols that will help students activities in completed projects and teachers' activities in carried out assessments. The PjBL-STEM-based natural disaster mitigation LKPD was declared valid in terms of content, language, media, and design based on the assessment results; 2) The PjBL-STEM-based natural disaster mitigation LKPD is declared practical in terms of implementation, attractiveness, and readability, categorized as very practical so that it can be used in high school Physics, Merdeka Curriculum, Phase E, Global Warming topics; and 3) PjBL-STEM-based natural disaster mitigation LKPD was declared effective in increasing students' self-awareness and creative problem-solving abilities on the topic of Global Warming.

Keywords: Creative Problem Solving, PjBL-STEM, Self Awareness, Worksheet

**PENGEMBANGAN LKPD MITIGASI BENCANA ALAM BERBASIS
PJBL-STEM BERBANTUAN MICRO:BIT UNTUK
MENINGKATKAN *SELF AWARENESS* DAN
*CREATIVE PROBLEM SOLVING***

Oleh

AYU NURJANAH

Tesis

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

Pada

**Program Studi Magister Pendidikan Fisika
Jurusan Pendidikan Matematika Ilmu Pengetahuan Alam
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung**



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

Judul Tesis : **PENGEMBANGAN LKPD MITIGASI
BENCANA ALAM BERBASIS PJBL-STEM
BERBANTUAN MICRO:BIT UNTUK
MENINGKATKAN SELF AWARENESS DAN
CREATIVE PROBLEM SOLVING**

Nama Mahasiswa : **Ayu Nurjanah**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2223022011**

Program Studi : **Magister Pendidikan Fisika**

Jurusan : **Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam**

Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



1. Komisi Pembimbing,

Dr. Kartini Herlina, M.Si
NIP 19650616 199102 1 001

Dr. Chandra Ertikanto, M.Pd.
NIP 19600315 198703 1 003

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA,

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

MENGESAHKAN

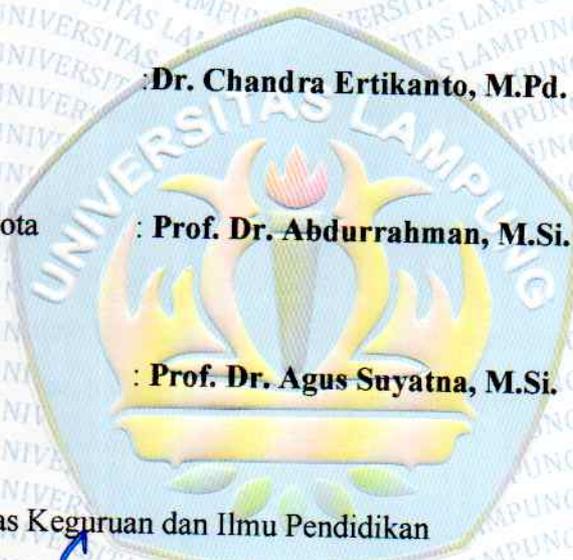
1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Kartini Herlina, M.Si.**

Sekretaris : **Dr. Chandra Ertikanto, M.Pd.**

Penguji Anggota : **Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.**

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



Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Prof. Dr. Sunyono, M.Si.
NIP 19651230 199111 1 001

3. Direktur Program Pascasarjana



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

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 26 Maret 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini adalah:

Nama : Ayu Nurjanah
NPM : 2223022011
Fakultas / Jurusan : KIP / Pendidikan MIPA
Program Studi : Magister Pendidikan Fisika
Alamat : Jalan Pejuang Angkatan 45, Hargosari 1, Merbau Mataram
Kecamatan Merbau Mataram, Lampung Selatan.

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

Bandar Lampung, Maret 2024
Yang Menyatakan,




Ayu Nurjanah
NPM 2223022011

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tanjung Karang, pada tahun 1999, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Edi dan Ibu Eni. Penulis mengawali pendidikan formal pada tahun 2004 di Taman Kanak-Kanak Dharma Pertiwi, Merbau Mataram. Kemudian melanjutkan pendidikan pada tahun 2005 di Sekolah Dasar Negeri 1 Merbau Mataram. Pada tahun 2011 penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 2 Merbau Mataram, diselesaikan tahun 2014. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di SMA N 1 Tanjung Bintang hingga tahun 2017.

Tahun 2017, penulis diterima dan terdaftar sebagai mahasiswa program studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan di Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Penulis lulus Sarjana Pendidikan pada tahun 2021, kemudian melanjutkan studi Magister Pendidikan Fisika Universitas Lampung melalui jalur penerima beasiswa Bebas SPP/ Uang Kuliah Pascasarjana Universitas Lampung.

MOTTO

“Tunjukilah kami jalan yang lurus, yaitu jalan orang-orang yang telah Engkau beri nikmat kepadanya, bukan jalan mereka yang dimurkai, dan bukan pula jalan mereka yang sesat”
(Q.S Al Fatihah 6-7)

“Rasakan dengan penuh syukur, Usahakan dengan penuh semangat, dan Nantikan dengan penuh kesabaran”
(Ayu Nurjanah)

PERSEMBAHAN

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

1. Orang tuaku tersayang, Bapak Edi dan Ibu Eni yang telah sepenuh hati membesarkan, mendidik, mendo'akan, menyayangi, serta memberi dukungan dalam segala bentuk perjuangan anaknya. Semoga Allah senantiasa memberikan kesehatan dan kesempatan kepadaku untuk selalu bisa membahagiakan serta membanggakan kalian dunia dan akhirat.
2. Adikku tersayang, Andini dan Agong yang telah menyemangatiku, menghiburku serta mendoakan dalam setiap perjuanganku.
3. Sahabat hidupku, Mas Rizky yang telah mendukung, menemani, membantu, dan mendoakan dalam setiap pilihan dan perjalanan.
4. Simbok dan Pak Uwo beserta keluarga besar Mbah Kateno dan Mbah Karto Sentono yang selalu mendukung dan mendo'akan yang terbaik untukku.
5. Para pendidik yang senantiasa memberikan pembelajaran dan pendidikan terbaik dalam membimbingku.
6. Sahabat-sahabatku tercinta yang selalu ada dalam setiap langkah perjuanganku dan senantiasa saling mengingatkan dalam kebaikan dan kesabaran.
7. Almamater tercinta Universitas Lampung.

SANWACANA

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

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Dr. Sunyono, M.Si., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung.
4. Bapak Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA.
5. Bapak Dr. I Wayan Distrik, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan Fisika atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam proses penyelesaian skripsi ini.
6. Ibu Dr. Kartini Herlina, M.Si., selaku pembimbing akademik sekaligus pembimbing I atas kesediaan dan keikhlasannya memberi kritik dan saran yang positif, motivasi dan bimbingan kepada penulis selama menyelesaikan skripsi.
7. Bapak Dr. Chandra Ertikanto, M.Pd., selaku pembimbing II, atas kesabarannya dalam memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis selama menyelesaikan skripsi.
8. Bapak Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si. dan Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si., selaku pembahas yang banyak memberikan masukan dan kritik yang bersifat positif dan membangun.

9. Bapak dan ibu dosen serta staff Program Studi Magister Pendidikan Fisika Universitas Lampung yang telah membimbing penulis dalam pembelajaran di Universitas Lampung.
 10. Ibu Maria Habiba, S.Pd., M.Pd., selaku kepala SMAN 15 Bandar Lampung yang telah memberi izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian.
 11. Keluarga Kesebelasan Magister Pendidikan Fisika angkatan 2022 yang senantiasa mendampingi dalam suka dan duka.
 12. Sahabat yang selalu menemani dan memberi dukungan, Aney, Fiqa, Frista, Eka, Maudy, Dwi, Kiki, dan Kunti.
 13. Bapak Sartono, S.Pd. beserta rekan guru SMPN 2 Tanjung Bintang yang selalu memberikan bantuan, dukungan, dan semangat.
 14. Kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya tesis ini.
- Penulis berdoa semoga semua amal dan bantuan yang telah diberikan dapat dijadikan amal sholeh dan mendapat pahala dari Allah SWT dan semoga tesis ini bermanfaat. Aamiin.

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	8
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	9
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kajian Teori	11
2.1.1. Teori Belajar Konektivisme.....	11
2.1.2. LKPD.....	13
2.1.3. PjBL-STEM.....	15
2.1.4. <i>Interner of Things</i> (IoT).....	17
2.1.5. Micro:Bit	19
2.1.6. <i>Creative Problem Solving</i>	22
2.1.7. <i>Self Awareness</i>	28
2.1.8. Pemanasan Global	29
2.2 Penelitian Relevan	32
2.3 Kerangka Pemikiran	33
III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Desain Penelitian Pengembangan.....	35
3.2 Instrumen Penelitian	39
3.3 Teknik Pengumpulan Data	41
3.4 Teknik Analisis Data	41
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil.....	46
4.1.1. <i>Define</i>	46
4.1.2. <i>Design</i>	49
4.1.3. <i>Develop</i>	50
	iii

4.1.4. <i>Dessiminate</i>	65
4.2 Pembahasan	66
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	82
5.2 Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN.....	95

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Indikator <i>Creative Problem Solving</i>	23
2. Indikator <i>Self Awareness</i>	29
3. Penelitian yang relevan	32
4. <i>Nonequivalent Control Group Design</i>	37
5. Skala likert pada uji angket validasi.....	39
6. Skala likert pada uji angket kepraktisan.....	40
7. Teknik Pengumpulan Data	41
8. Konversi skor penilaian kevalidan produk.....	41
9. Konversi skor penilaian kepraktisan	42
10. Kriteria nilai <i>N-Gain</i>	43
11. Kriteria Nilai <i>Effect Size</i>	45
12. Tampilan LKPD yang Dikembangkan	50
13. Hasil Uji Validasi Isi	53
14. Hasil Uji Validasi Bahasa.....	53
15. Hasil Uji Validasi Media dan Desain	54
16. Hasil Uji Validasi Instrumen Soal.....	54
17. Hasil Uji Reliabilitas Instrumen Soal.....	55
18. Hasil Uji Kepraktisan	58
19. Hasil Rata-Rata <i>N-Gain Self Awareness</i>	59
20. Hasil Rata-Rata <i>N-Gain</i> pada Setiap Indikator <i>Self Awareness</i>	59
21. Hasil Uji Normalitas Data <i>N-gain Self Awareness</i>	60
22. Uji Beda Rata-Rata <i>Self Awareness</i>	61
23. Hasil Uji <i>Effect Size N-gain Self Awareness</i>	62
24. Hasil Rata-Rata <i>N-Gain Creative Problem Solving</i>	62
25. Hasil Rata-Rata <i>N-Gain</i> Setiap Indikator <i>Creative Problem Solving</i> .	63
26. Hasil Uji Normalitas Data <i>N-gain Creative Problem Solving</i>	63

27. Uji Beda Rata-Rata <i>Creative Problem Solving</i>	64
28. Hasil Uji <i>Effect Size N-gain Creative Problem Solving</i>	65
29. Komentar dan Saran Validator terhadap LKPD	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran	34
2. Alur Desain Penelitian.....	38
3. Rancangan LKPD.....	49
4. Penggunaan Teknologi pada LKPD.....	71
5. Aktivitas Peserta Didik pada Kegiatan <i>Reflection</i>	75
6. Aktivitas Peserta Didik pada Kegiatan <i>Research</i>	77
7. Aktivitas Peserta Didik pada Kegiatan <i>Discovery</i>	78
8. Aktivitas Peserta Didik pada Kegiatan <i>Application</i>	79
9. Aktivitas Peserta Didik pada Kegiatan <i>Communication</i>	79
10. Hasil Perancangan dan Pembuatan Sensor Peserta Didik.....	80

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Capaian Pembelajaran	96
2. Alur Tujuan Pembelajaran.....	97
3. Modul Ajar	98
4. Lembar Kerja Peserta didik.....	104
5. Kisi-Kisi Instrumen Tes	129
6. Instrumen Tes	147
7. Lembar Validasi Isi dan Bahasa.....	151
8. Lembar Validasi Media dan Desain	161
9. Rekapitulasi Hasil Validasi Isi dan Bahasa.....	164
10. Rekapitulasi Hasil Validasi Media dan Desain	167
11. Lembar Instrumen Uji Kemenarikan.....	168
12. Lembar Instrumen Uji Keterbacaan	170
13. Lembar Observasi Keterlaksanaan Keterbacaan	172
14. Rekapitulasi Hasil Uji Kemenarikan.....	177
15. Rekapitulasi Hasil Uji Keterbacaan	179
16. Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Soal.....	181
17. Data <i>Pretest Self Awareness</i> Kelas Eksperimen.....	182
18. Data <i>Posttest Self Awareness</i> Kelas Eksperimen	183
19. Data <i>Pretest Self Awareness</i> Kelas Kontrol	184
20. Data <i>Posttest Self Awareness</i> Kelas Kontrol	185
21. Data <i>N-Gain Self Awareness</i> Kelas Eksperimen.....	186
22. Data <i>N-Gain Self Awareness</i> Kelas Kontrol.....	187
23. Hasil Uji Beda Rata-Rata <i>N-Gain Self Awareness</i>	188
24. Hasil Uji <i>Effect Size N-Gain Self Awareness</i>	189

25. Data <i>Pretest Creative Problem Solving</i> Kelas Eksperimen	190
26. Data <i>Posttest Creative Problem Solving</i> Kelas Eksperimen	191
27. Data <i>Pretest Creative Problem Solving</i> Kelas Kontrol	192
28. Data <i>Posttest Creative Problem Solving</i> Kelas Kontrol.....	193
29. Data <i>N-Gain Creative Problem Solving</i> Kelas Eksperimen.....	194
30. Data <i>N-Gain Creative Problem Solving</i> Kelas Kontrol	195
31. Hasil Uji Beda Rata-Rata <i>N-Gain Creative Problem Solving</i>	196
32. Hasil Uji <i>Effect Size N-Gain Creative Problem Solving</i>	197
33. Surat Izin Penelitian	198
34. Surat Bukti Pelaksanaan Penelitian	199
35. Loa Bukti <i>Dessiminate</i>	200
36. Dokumentasi Penelitian.....	202

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembelajaran abad 21 membutuhkan sumber daya yang kompeten pada bidang sains, teknologi, desain teknik, dan matematika untuk menghadapi persaingan di abad 21. Perkembangan dunia pendidikan sangat cepat, sehingga Indonesia harus menyesuaikan kurikulum agar mampu bersaing di abad 21. Salah satu upaya pemerintah dalam menjawab tantangan saat ini adalah dengan implementasi kurikulum merdeka yang pembelajarannya banyak terintegrasi dengan kegiatan pembuatan proyek (Erlina, 2021). Selain itu, melalui penerapan kurikulum merdeka belajar ini diharapkan dapat menjadi kesempatan yang baik bagi Indonesia dalam meningkatkan kualitas pendidikannya dan meningkatkan daya saing agar setara dengan negara-negara lain. Hal ini sejalan pula dengan wacana pembangunan yang berkelanjutan terutama dalam bidang pendidikan yang dicanangkan oleh negara-negara di dunia termasuk di Indonesia melalui program *Education for Sustainable Developments* (ESD) yang merupakan suatu program jangka panjang untuk mengoptimalkan semua potensi dan sumber daya pendidikan yang dimiliki oleh tiap negara (Fadil, *et.al.*, 2023).

Pembelajaran materi pemanasan global terdapat dalam kurikulum merdeka fase E. Materi pemanasan global berada di tema pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan atau *Education for Sustainable Development* (ESD). Indikator global dan tematik pada target yang diusulkan berfokus pada pendidikan formal anak-anak dan remaja sebagai langkah untuk mencapai tujuan di masa mendatang (Rahmah, 2022). Pemuda sebagai *agent of change* harus memiliki kesadaran akan

pentingnya menjaga iklim bumi yang menyebabkan pemanasan global dan tanggap akan dampaknya.

Guru dapat meningkatkan pengetahuan peserta didik tentang pemanasan global dengan menghubungkan topik tersebut ke dalam kehidupan sehari-hari dan memastikan agar peserta didik merasa ikut serta dalam berkontribusi untuk mengurangi dampak gejala alam akibat pemanasan global (Agustini, *et.al.*, 2022; Alatas & Fauziah, 2020). Indonesia sendiri telah banyak mengalami gejala alam yang terjadi akibat pemanasan global yang memiliki dampak besar bagi kelangsungan hidup masyarakat, seperti kebakaran hutan, banjir, kekeringan dan masih banyak lagi. Gejala alam ini memiliki dampak bagi kerusakan alam dan mengancam kelangsungan hidup makhluk hidup. Oleh karena itu, diperlukan kegiatan yang dapat menstimulus peserta didik berkontribusi dalam mengurangi dampak gejala alam akibat pemanasan global.

Upaya berkontribusi dalam mengurangi dampak gejala alam akibat pemanasan global ini dapat dilakukan dengan cara mengarahkan peserta didik membuat proyek simulasi mitigasi bencana alam. Pemahaman mitigasi bencana alam ini berperan aktif dalam mengajarkan peserta didik berkontribusi mengurangi dampak dan kerugian yang dialami akibat bencana alam yang terjadi (Mustofa & Handini, 2023). Kegiatan simulasi mitigasi bencana alam ini dapat dikemas dalam sebuah kegiatan proyek membuat sebuah sensor mitigasi bencana alam yang diakibatkan pemanasan global. Melalui kegiatan pembuatan proyek ini, pembelajaran topik pemanasan global tidak hanya bermakna namun juga memberikan pengalaman nyata bagi peserta didik.

Analisis pustaka yang dilakukan mengenai kesulitan belajar materi pemanasan global diperoleh bahwa guru masih kesulitan dalam pemahaman dan penyusunan perangkat pembelajaran, guru kesulitan menentukan model pembelajaran yang tepat, selain itu guru masih kurang kreatif dalam mengembangkan lembar kerja yang mengarahkan kepada kasus-kasus pemanasan global. Sedangkan menurut peserta didik tidak ada pembelajaran materi pemanasan global di kelas, peserta

didik hanya diminta belajar mandiri, peserta didik jarang diberikan pembelajaran yang berisi kegiatan praktik, peserta didik hanya memahami materi gejala pemanasan global secara teori saja tanpa kegiatan dan lembar kerja aktivitas atau aplikasi dalam kehidupan konkret, peserta didik merasa bosan dengan model pembelajaran ceramah sehingga menyebabkan sikap yang kurang aktif dalam belajar. Oleh sebab itu, Kegiatan proyek dalam topik pemanasan global akan memberikan pengalaman baru bagi peserta didik.

Kegiatan pembuatan proyek memuat aktivitas yang harus dilakukan peserta didik secara terstruktur, sehingga peserta didik membutuhkan bahan ajar untuk menunjang kegiatan tersebut. Salah satu bahan ajar yang dibutuhkan adalah lembar kerja. Lembar kerja digunakan agar lebih mudah dalam pengerjaan proyek, maka disinilah peran guru untuk menyediakan bahan ajar seperti LKPD. LKPD memuat tugas yang dapat membantu peserta didik dalam memahami materi dan meningkatkan kemampuan peserta didik untuk melakukan aktivitas belajar selama melakukan pembelajaran (Rahmawati & Wulandari, 2020). LKPD berbasis proyek dapat juga membantu guru memaksimalkan kerja dan kreativitas peserta didik dengan ajaran yang runtun dan terorganisir, sehingga peserta didik akan lebih terarah, baik di dalam mencari informasi yang valid untuk pembelajaran proyek maupun hal lainnya. Namun, masih banyak guru-guru yang belum menggunakan LKPD dalam pembelajaran khususnya materi pemanasan global (Akhsan, *et.al.*, 2016).

Pembelajaran proyek berisi kegiatan proyek yang dapat diterapkan dalam rangka meningkatkan keaktifan peserta didik dalam proses pembelajaran. Pembelajaran berbasis proyek pada dasarnya diawali dari sebuah *problem solving* yang perlu dilakukan agar peserta didik mampu menciptakan karya kontekstual dan bermanfaat (Makrufi, *et.al.*, 2018). Penerapan model PjBL dalam pembelajaran dapat diintergrasikan dengan suatu pendekatan pembelajaran STEM (Rahmania, 2021). Penerapan STEM dalam pembelajaran dipilih karena STEM menggabungkan keterampilan 4-C abad 21 yaitu *creativity* (kreativitas), *critical thinking* (berpikir kritis), *collaboration* (berkolaborasi) dan *communication*

(berkomunikasi) (Triana, *et.al.*, 2020). STEM mencakup empat disiplin ilmu yaitu sains (*science*), teknologi (*technology*), teknik (*engineering*) dan matematika (*mathematics*).

Melalui PjBL-STEM peserta didik dapat berlatih menyelesaikan suatu permasalahan dengan terstruktur dan terbuka (Baran, *et.al.*, 2021; Purwaningsih, *et.al.*, 2020). Penyelesaian suatu masalah secara terstruktur mampu melatih peserta didik untuk meningkatkan kemampuan *creative problem solving* peserta didik (Kardoyo, *et.al.*, 2020; Szabo, *et.al.*, 2020). *Creative problem solving* dibutuhkan untuk memecahkan masalah secara terbuka dan kreatif. *Creative problem solving* memiliki potensi besar dalam pembelajaran karena dapat membantu peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir kreatif. Sejalan dengan pendapat (Bacanli, *et.al.*, 2011) berpendapat bahwa salah satu tugas utama dari pendidikan adalah untuk mengajarkan peserta didik cara berpikir yang tepat. Keterampilan berpikir salah satunya adalah keterampilan berpikir kreatif. Dengan menggunakan prinsip-prinsip *creative problem solving*, peserta didik dapat memecahkan masalah secara sistematis dan logis serta mengembangkan kemampuan untuk merancang solusi yang efektif. Dengan demikian, berpikir kreatif merupakan keterampilan dan kompetensi yang penting diasah baik untuk peserta didik, guru, maupun masyarakat pada umumnya agar memiliki daya kompetisi yang kuat di zaman yang tidak lama lagi akan serba diotomatisasi oleh kecerdasan buatan. Oleh karena itu, *creative problem solving* penting untuk ditingkatkan saat ini, karena *creative problem solving* menyatukan kreativitas, pemikiran kritis dan pemecahan masalah yang merupakan keterampilan abad ke-21 (Güven & Alpaslan, 2022). Namun pengintegrasian proses melatih *creative problem solving* dalam pembelajaran pemanasan global yang berbasis PjBL STEM masih kurang, sehingga perlu penunjang berupa LKPD yang dapat melatih kemampuan *creative problem solving*.

Proses pembelajaran menggunakan PjBL-STEM ini juga memungkinkan peserta didik dapat meningkatkan *self awareness* dalam menyelesaikan masalah (Beier, *et.al.*, 2019; Samsudin, *et.al.*, 2020; Wan, 2021). *Self awareness* yang baik akan

menumbuhkan sikap positif terhadap cara berpikir dan cara menyelesaikan masalah (Peranginangin, *et.al.*, 2019; Ulandari, *et.al.*, 2019). *Self awareness* peserta didik dapat terbentuk dari pengalaman keberhasilan pada peserta didik. Sehingga jika peserta didik kurang aktif dalam belajar menyebabkan peserta didik tidak yakin terhadap keberhasilan belajar dan akan sulit meningkatkan *self awareness*. Pada pembelajaran PJBL-STEM inilah peserta didik dituntut untuk memiliki partisipasi aktif dalam penyelesaian proyek sehingga memberikan pengalaman yang akan meningkatkan *self awareness*. Proses partisipasi aktif peserta didik dapat diarahkan melalui aktivitas yang dimuat dalam LKPD, sehingga LKPD akan meningkatkan *self awareness* peserta didik dalam mitigasi bencana akibat pemanasan global.

Penerapan PjBL-STEM dalam pembelajaran fisika membuat peserta didik memiliki proses pembelajaran yang bermakna (Ratu, *et.al.*, 2021). Pembelajaran yang dikembangkan dengan memberi kesempatan untuk menggali sendiri informasi melalui membaca berbagai buku secara langsung, bekerja dalam kelompok, membuat presentasi dan mengomunikasikan hasil aktivitasnya kepada orang lain. Sehingga, PjBL-STEM memiliki pengaruh yang positif terhadap *self awareness* peserta didik. Selain itu, *self awareness* juga berdampak positif terhadap keterampilan abad-21 peserta didik (Rusmansyah, *et.al.*, 2019; Saputro, *et al.*, 2020).

Pembelajaran PjBL-STEM juga erat kaitannya dengan penggunaan teknologi dalam pembelajaran. Penggunaan teknologi informasi dan komunikasi dalam bidang pendidikan sudah tidak dapat ditinggalkan lagi (Gurova *et al.*, 2020; Lousado & Antunes, 2020). Tidak dapat dipungkiri bahwa teknologi informasi dan komunikasi telah memberikan dampak yang positif dalam bidang pendidikan, khususnya dalam hal peningkatan kualitas dan kuantitas proses belajar mengajar. Secara kongkrit, teknologi dinilai mampu meningkatkan pembelajaran dan pengajaran menjadi lebih dinamis, interaktif, dan penyajian konten yang lebih menarik (Bakri, 2018). Teknologi memberikan peluang dalam dunia pendidikan untuk dapat mengembangkan pembelajaran berbasis *IoT (Internet of Things)*.

Sehingga, teknologi memiliki potensi untuk mengakselerasi, memperkaya, dan memperdalam *skill*, serta memotivasi dan membangkitkan semangat belajar.

Pengintegrasian internet dalam teknologi pada pembelajaran sering kali mempermudah proses pembelajaran. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah micro:bit dengan berbasis Iot. Micro:bit layak digunakan dalam aktivitas yang berkaitan dengan Fisika (Teiermayer, 2019). Pertama, Micro:bit dapat diprogram dalam lebih banyak bahasa pemrograman. Micro:bit dapat membangun minat peserta didik terhadap aplikasi dan memberikan peluang keberhasilan dalam pembelajaran Fisika dan dalam kegiatan lintas kurikuler dan klub lainnya. Hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan melalui survei secara online dengan *google form* pada guru fisika dan peserta didik SMA kelompok peminatan MIPA di Lampung dan di beberapa provinsi lain di Indonesia diperoleh hasil bahwa hanya 48,1% guru yang menerapkan model PjBL. Persentase ini merupakan yang paling rendah jika dibandingkan dengan penerapan model PBL, *discovery*, dan inkuiri. Sebagian besar guru telah mengetahui *Education Sustainable Development* (ESD). Namun, para guru belum mengetahui secara keseluruhan topik-topik pembelajaran yang masuk dalam lingkup ESD. Sebagian besar guru telah membuat LKPD secara mandiri, namun masih perlu adanya alat peraga, alat praktikum atau *hands-on activity* yang berkaitan dengan isu-isu global khususnya pemanasan global. Sebanyak 50% guru belum memasukan kegiatan *Internet of Things* (IoT) dalam lembar kerja yang dibuat secara mandiri. Selain itu, secara keseluruhan LKPD yang dibuat dan digunakan belum secara maksimal melatih kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness* peserta didik.

Hasil analisis penelitian pendahuluan yang dilakukan pada peserta didik diperoleh hasil yang mengungkapkan bahwa dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran hanya 47% guru yang mendorong peserta didik untuk melaksanakan kegiatan proyek. Selain itu, sebanyak 71,4% belum mengetahui ESD, hal ini disebabkan oleh guru kurang memberikan informasi dan penjelasan konsep dasar terkait isu-isu global serta kurangnya ketersediaan alat peraga dan praktikum terkait isu-isu global. Peserta didik mengungkapkan bawa penggunaan LKPD dalam

pembelajaran masih tergolong kurang dibanding dengan buku, website, dan internet. Selain itu, dari pernyataan yang dipilih peserta didik diketahui secara keseluruhan LKPD yang digunakan belum secara maksimal melatih kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness*.

Penjelasan yang telah dipaparkan di atas menggambarkan bahwa masih kurangnya LKPD yang memuat aktivitas PjBL-STEM. Sebagian besar peserta didik belum memahami mengenai SDG terutama pada topik pemanasan global. Hal tersebut disebabkan peserta didik cenderung diarahkan belajar mandiri sehingga kurangnya informasi yang diberikan guru. Selain itu, kurangnya alat peraga, alat praktikum, dan *hands on* mengenai pemanasan global. Oleh karena itu, dilakukanlah pengembangan produk berupa LKPD proyek berbasis IoT berbantuan micro:bit untuk meningkatkan *creative problem solving* dan *self awareness* peserta didik.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah LKPD mitigasi bencana alam berbasis PjBL-STEM yang valid untuk meningkatkan kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness*?
2. Bagaimanakah kepraktisan LKPD mitigasi bencana alam berbasis PjBL-STEM yang valid untuk meningkatkan kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness*?
3. Bagaimanakah keefektifan LKPD mitigasi bencana alam berbasis PjBL-STEM yang valid untuk meningkatkan kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka disusun tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mengembangkan LKPD mitigasi bencana alam berbasis PjBL-STEM yang valid untuk meningkatkan kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness*.
2. Mendeskripsikan kepraktisan LKPD mitigasi bencana alam berbasis PjBL-STEM yang valid untuk meningkatkan kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness*.
3. Mendeskripsikan keefektifan LKPD mitigasi bencana alam berbasis PjBL-STEM yang valid untuk meningkatkan kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian pengembangan ini yaitu:

1. Manfaat Teoris
 - a. Membangun keilmuan dalam pembelajaran fisika pada topik pemanasan global yang terintegrasi dengan pemanfaatan teknologi berupa Micro:Bit untuk meningkatkan kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness* peserta didik.
 - b. Memberikan referensi bahan ajar yang terintegrasi dengan teknologi yang dapat menciptakan suasana pembelajaran yang lebih bermakna dan meningkatkan kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness*.
 - c. Memberikan referensi proses pembelajaran untuk meningkatkan kualitas proses pembelajaran fisika di sekolah yang disesuaikan dengan kebaruan kurikulum terkini.
2. Manfaat Praktis
 - a. Memberikan pembelajaran yang dapat meningkatkan kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness* peserta didik.
 - b. Memberikan solusi pembelajaran bagi guru yang terintegrasi dengan teknologi, sehingga dapat menciptakan suasana pembelajaran yang lebih bermakna dan meningkatkan kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness*.

- c. Memberikan pengarahan agar pengajaran guru menggunakan pendekatan dan model yang membuat peserta didik dapat meningkatkan kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness* mengingat adanya pengintegrasian pembelajaran dengan teknologi.
- d. Memberikan informasi terkait pengajaran yang menggunakan LKPD berbasis PjBL-STEM, sehingga dapat meneruskan penelitian dengan menggunakan variabel bebas yang lain.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian ini sebagai berikut.

1. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan dengan desain 4D (*Define, Design, Develop, and Disseminate*).
2. Produk yang dikembangkan adalah Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pada materi pemanasan global yang berfokus pada topik mitigasi bencana alam akibat pemanasan global dalam bentuk cetak.
3. Kemampuan *creative problem solving* yang dimaksud adalah kemampuan yang dikenalkan oleh Treffinger & Isaksen (2005) yang mencakup indikator *Fact Finding, Fact Interpreting, Idea Finding, Idea Developing, Solution Generating, dan Solution Evaluating*.
4. Kemampuan *Self awareness* yang dimaksud dalam penelitian merujuk pada indikator yang dikemukakan oleh Rochat (2003) meliputi *differentiation, situation, identification, permanence, dan self-consciousness*.
5. LKPD yang dikembangkan berisi aktivitas yang mendukung pembelajaran *project based learning* (PjBL) yang terintegrasi STEM.
6. Micro:bit yang dimaksud adalah mikrokontroler yang dilengkapi dengan berbagai sensor untuk mengidentifikasi gejala alam dampak pemanasan global berupa kebakaran hutan, banjir, dan angin topan.
7. LKPD yang dikembangkan berisi topik mitigasi dampak pemanasan global yang merupakan bagian dari materi pemanasan global yang termuat dalam (CP) Capaian Pembelajaran pada kurikulum merdeka fase E.

8. Mitigasi dampak pemanasan global dibatasi pada pengembangan alat untuk mendeteksi secara dini kebakaran hutan, banjir, dan angin topan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Teori Belajar Konektivisme

Konektivisme adalah teori belajar yang menekankan pentingnya koneksi dan jaringan dalam pembelajaran. Menurut George Siemens, salah satu tokoh utama di dalam teori konektivisme, pembelajaran tidak hanya terjadi di dalam pikiran individu, melainkan juga melalui interaksi dengan lingkungan dan orang lain (Siemens *et al.*, 2005). Dalam konektivisme, pembelajaran dianggap sebagai proses untuk membuat koneksi atau memperkuat koneksi antara ide-ide, konsep, dan pengalaman. Dalam konteks ini, teknologi seperti internet, media sosial, dan platform pembelajaran online dianggap penting dalam memperluas jaringan dan koneksi pembelajaran (Dunaway, 2011). Oleh karena itu, konektivisme menekankan pada koneksi ide, konsep dan pengalaman yang didukung peran teknologi dalam memfasilitasi pembelajaran yang terhubung (*connected learning*).

Konektivisme juga menekankan pada pentingnya pembelajaran seumur hidup, di mana pembelajaran harus terus menerus dilakukan dan koneksi pembelajaran terus diperkuat. Pembelajaran seumur hidup dapat membantu individu untuk mengikuti perkembangan dunia yang semakin cepat dan kompleks (Siemens *et al.*, 2005). Beberapa contoh aplikasi konektivisme dalam pembelajaran adalah dengan memanfaatkan jaringan sosial atau grup diskusi online sebagai tempat untuk berbagi ide dan memperluas pengetahuan, serta dengan mengadopsi model pembelajaran terbuka (*open learning*) yang memungkinkan individu untuk belajar

secara independen dan mengambil kendali atas proses pembelajaran (Downes, 2012). Teori belajar konektivisme memiliki beberapa keunggulan yang membuatnya relevan dalam konteks pembelajaran modern yang semakin terhubung. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut mengenai keunggulan-keunggulan tersebut, disertai dengan referensi sitasi yang relevan:

- a. Mendorong pembelajaran kolaboratif: Konektivisme menekankan pentingnya kolaborasi dan interaksi antara individu dalam pembelajaran. Dalam pembelajaran konektivisme, individu dapat memanfaatkan teknologi seperti jaringan sosial dan forum online untuk berbagi ide dan pengalaman (Dunaway, 2011). Pembelajaran kolaboratif seperti ini dapat membantu individu untuk mengembangkan keterampilan sosial dan memperluas jaringan mereka, yang dapat berguna dalam kehidupan profesional dan sosial (Siemens *et al.*, 2005).
- b. Mengakui pentingnya pembelajaran seumur hidup: Konektivisme menekankan pentingnya pembelajaran seumur hidup dalam menghadapi dunia yang semakin kompleks dan cepat berubah. Dalam konteks ini, teknologi dan jaringan sosial dapat membantu individu untuk terus belajar dan mengikuti perkembangan terbaru (Siemens *et al.*, 2005).
- c. Memfasilitasi pembelajaran mandiri: Dalam pembelajaran konektivisme, individu dapat mengambil kendali atas proses pembelajaran mereka sendiri. Hal ini dapat memfasilitasi pembelajaran mandiri dan membantu individu untuk mengembangkan keterampilan yang diperlukan dalam belajar secara mandiri, seperti mengelola informasi dan memecahkan masalah (Downes, 2012).
- d. Mendorong pembelajaran kontekstual: Konektivisme menekankan pentingnya konteks dalam pembelajaran. Individu dapat memanfaatkan koneksi dan jaringan mereka untuk memperoleh informasi dan pengetahuan yang relevan dengan konteks mereka, sehingga pembelajaran dapat lebih bermakna dan terkait dengan kehidupan sehari-hari (Siemens *et al.*, 2005).

Implementasi teori belajar konektivisme dalam pembelajaran fisika dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi dan jaringan sosial untuk

memfasilitasi kolaborasi dan interaksi antara peserta didik, serta memungkinkan pembelajaran yang mandiri dan kontekstual. Pembelajaran kolaboratif seperti ini dapat membantu peserta didik untuk memperluas pemahaman mereka dan memperoleh perspektif yang berbeda mengenai konsep fisika yang kompleks. Pembelajaran berbasis masalah dapat memungkinkan peserta didik untuk mengembangkan keterampilan penggunaan teknologi dalam pemecahan masalah dan memperoleh pemahaman yang lebih kontekstual mengenai konsep fisika. Peserta didik dapat menggunakan teknologi dan jaringan sosial untuk mencari informasi yang relevan dan memecahkan masalah yang dihadapi.

2.1.2 LKPD

Salah satu media pembelajaran yang cukup sering digunakan di sekolah adalah Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). LKPD memuat petunjuk atau deskripsi tahapan yang akan dilalui peserta didik saat menyelesaikan masalah dalam pembelajaran. Selain itu, lembar kerja yang baik juga dapat membantu guru maupun peserta didik melaksanakan pembelajaran. Namun, pada penerapannya saat ini masih banyak guru yang membuat lembar kerja dengan sifat yang berulang-ulang, membosankan, dan kurangnya pengetahuan serta keterampilan pedagogis yang diperlukan sehingga masih kurang efektif (Lee, 2014). Oleh karena itu, pengembangan LKPD masih sangat dibutuhkan terutama yang disesuaikan dengan kebutuhan peserta didik dan guru.

LKPD merupakan salah satu sarana untuk membantu dan mempermudah dalam kegiatan pembelajaran sehingga akan terbentuk interaksi yang efektif antara peserta didik dengan guru, dan dapat meningkatkan aktifitas peserta didik dalam peningkatan prestasi belajar (Hidayati & Zulandri, 2021). LKPD juga memudahkan pelaksanaan pengajaran kepada peserta didik, sebagai bahan ajar yang dapat meminimalkan peran pendidik, namun lebih mengaktifkan peserta didik dan sebagai bahan ajar yang membantu peserta didik agar mudah memahami materi yang diberikan (Septian *et al.*, 2019). Oleh karena itu penting bagi guru

untuk mengembangkan LKPD interaktif yang dapat memstimulus pembelajaran yang berpusat pada peserta didik.

LKPD merupakan salah satu sarana untuk membantu dan memfasilitasi kegiatan belajar mengajar sehingga interaksi yang efektif antara peserta didik dan pendidik yang terbentuk pada peserta didik dapat meningkatkan aktivitasnya dalam meningkatkan prestasi (Nurahman *et al.*, 2019). Lembar kerja memiliki berbagai fungsi dalam konteks yang berbeda dan mendukung kemampuan berpikir peserta didik jika dirancang dan digunakan dengan benar (Lee, 2014). Fungsi pembuatan LKPD menurut Hidayati & Zulandri (2021) yaitu: 1) sebagai bahan ajar yang bisa meminimalkan peran pendidik namun lebih mengaktifkan peserta didik; 2) sebagai bahan ajar yang mempermudah peserta didik untuk memahami materi yang diberikan; 3) sebagai bahan ajar yang ringkas dan kaya tugas untuk berlatih; 4) memudahkan pelaksanaan pengajaran kepada peserta didik.

Manfaat LKPD yaitu dapat memudahkan pelaksanaan pengajaran kepada peserta didik, sebagai bahan ajar yang dapat meminimalkan peran pendidik, namun lebih mengaktifkan peserta didik dan sebagai bahan ajar yang membantu peserta didik agar mudah memahami materi yang diberikan. LKPD terdiri atas enam unsur utama menurut Prastowo (2011), yaitu : 1) judul; 2) petunjuk belajar; 3) kompetensi dasar atau materi pokok; 4) informasi pendukung; 5) tugas atau langkah kerja; dan 6) penilaian. LKPD dilihat dari formatnya memuat setidaknya delapan unsur, yaitu : 1) judul; 2) kompetensi dasar yang akan dicapai; 3) waktu penyelesaian; 4) peralatan atau bahan yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas; 5) informasi singkat; 6) langkah kerja; 7) tugas yang harus dilakukan; dan 8) laporan yang harus dikerjakan.

LKPD yang digunakan di sekolah umumnya disusun oleh penerbit tanpa persiapan bahan ajar yang disesuaikan dengan pedoman, sehingga tidak sejalan dengan prinsip-prinsip kurikulum (Batong & Wilujeng, 2018). Selain itu, masih sedikit guru yang mau menyusun LKPD mandiri. Sementara itu, LKPD merupakan bahan ajar yang diperlukan peserta didik untuk menunjang aktivitas

pembelajaran khususnya pembelajaran proyek. Oleh karena itu, perlu dikembangkan LKPD proyek yang sesuai dengan pedoman dan sejalan dengan kebutuhan pembelajaran, sehingga dapat membantu peserta didik maupun guru dalam melakukan kegiatan pembelajaran.

2.1.3 PjBL-STEM

Project based learning adalah salah satu model pembelajaran yang dapat diterapkan dalam rangka meningkatkan keaktifan peserta didik dalam proses pembelajaran berlangsung. Aktifnya peserta didik dalam proses pembelajaran, harapannya akan dapat meningkatkan kemampuan peserta didik dalam konteks keterampilan proses sains. *Model Project Based Learning* merupakan pembelajaran yang menekankan pada keterampilan proses sains dan kemampuan berpikir kreatif peserta didik. Pembelajaran dengan menggunakan proyek sebagai metode pembelajarannya disebut dengan model pembelajaran *Project Based Learning* (Anggriani *et al.*, 2019). Pembelajaran fisika memerlukan kegiatan proyek sebagai metode pembelajarannya untuk menstimulus kemampuan berpikir kreatif peserta didik.

PjBL adalah model pembelajaran diawali dari pertanyaan mendasar yang menuntut pengajar untuk mengembangkan pertanyaan penuntun (*a guiding question*) sehingga dalam hal ini memungkinkan setiap peserta didik pada akhirnya mampu menjawab pertanyaan penuntun (Hartini, 2017). Pembelajaran berbasis proyek pada dasarnya diawali dari sebuah *problem solving* yang perlu dilakukan agar peserta didik mampu menciptakan karya kontekstual dan bermanfaat (Makrufi *et al.*, 2018). PjBL dapat menciptakan motivasi belajar peserta didik dan minat terhadap proses belajar (Handayani *et al.*, 2021). Proses belajar berbasis proyek merupakan suatu bentuk pembelajaran pada peserta didik yang berkontribusi pada hasil bersama sehingga memiliki unsur pengalaman belajar dengan refleksi aktif dan keterlibatan sadar (Kokotsaki *et al.*, 2016).

Penerapan model PjBL terus mengalami perkembangan, salah satunya pengintegrasian PjBL dengan suatu pendekatan. Salah satu pendekatan yang dapat diintegrasikan dengan PjBL adalah pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Pendekatan STEM memberikan kesempatan kepada guru untuk menunjukkan kepada peserta didik bagaimana konsep, prinsip, dan teknik dari sains, teknologi, teknik, dan matematika digunakan secara terpadu dalam pengembangan produk, proses, dan sistem yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Solihin *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 atau 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.

PjBL-STEM bertujuan untuk meningkatkan keterampilan kritis, kreatif, dan berpikir sistematis peserta didik, serta mempersiapkan mereka untuk karir di bidang STEM. Menurut Bhakti *et al.* (2020) PjBL-STEM mengajarkan peserta

didik untuk bekerja sama dalam tim, melakukan riset, merancang solusi kreatif, dan menyajikan hasil kerja mereka secara efektif. Selain itu, pendekatan ini juga memungkinkan peserta didik untuk belajar melalui pengalaman, membuat mereka lebih terlibat dalam proses pembelajaran. Selain itu, hasil penelitian oleh menunjukkan bahwa PjBL-STEM dapat meningkatkan minat dan prestasi belajar peserta didik pada mata pelajaran STEM (Agung *et al.*, 2022; Izzah & Mulyana, 2021). Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa PjBL-STEM dapat mengembangkan keterampilan abad ke-21, seperti keterampilan kolaborasi, komunikasi, kritis, kreativitas, dan pemecahan masalah.

PjBL-STEM melibatkan pengintegrasian antara sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam suatu proyek, sehingga peserta didik belajar secara interdisipliner dan kolaboratif. Selama pengerjaan proyek peserta didik juga akan menumbuhkan kreativitas dan inovasi peserta didik dalam pemecahan masalah. PjBL-STEM menekankan pada pendekatan pemecahan masalah yang kreatif dan inovatif. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Rahmania (2021) yang menunjukkan bahwa PjBL-STEM dapat meningkatkan keterampilan inovasi peserta didik.

Penelitian ini akan mengembangkan LKPD pemanasan global dengan menerapkan PjBL-STEM sebagai model yang diharapkan dapat menjadi bahan ajar yang meningkatkan kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness*. Melalui kegiatan pembuatan proyek yang dilakukan peserta didik, peserta didik diarahkan untuk dapat memecahkan masalah mengenai gejala alam akibat pemanasan global. Kegiatan proyek PjBL-STEM ini juga akan melibatkan pengintegrasian antara sains, teknologi, teknik, dan matematika.

2.1.4 Internet of Things (IoT)

Penggunaan komputer saat ini mampu mendominasi pekerjaan manusia dan menggantikan kemampuan komputasi manusia seperti mengontrol peralatan elektronik dari jarak jauh menggunakan media internet. *IoT (Internet Of Things)*

memungkinkan pengguna untuk mengelola dan mengoptimalkan penggunaan perangkat elektronik menggunakan internet. IoT adalah sebuah revolusi teknologi yang merepresentasikan masa depan komputer dan komunikasi, dimana pengembangannya bergantung kepada dinamika inovasi teknologi dalam berbagai bidang, mulai dari sensor nirkabel hingga teknologi nano (Tamrakar *et al.*, 2022). Hal ini akan membuat pengguna internet semakin meningkat dengan berbagai fasilitas dan layanan internet.

Gagasan mengenai IoT akan dipermudah dengan kemajuan yang terjadi dalam bidang teknologi telekomunikasi dan integrasi teknologi ke dalam berbagai benda dan perangkat kehidupan. Ide untuk menghubungkan berbagai benda dan perangkat tersebut ke dalam jaringan yang dapat dikelola melalui perangkat dan memungkinkan adanya interaksi dengan manusia sejalan dengan perkembangan teknologi pendidikan yang bergerak pada bidang e-learning (*electronic learning*), m-learning (*mobile learning*), hingga u-learning (*ubiquitous learning*). Karakteristik utama dari u-learning adalah peningkatan akses terhadap konten pembelajaran dan lingkungan belajar kolaboratif yang ditunjang oleh komputer. IoT dapat diaplikasikan dalam mendukung proses pembelajaran dengan mengoptimalkan komunikasi dan interaksi (Li *et al.*, 2020). Diantara potensi aplikasi IoT untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dan pendidikan adalah dalam bidang *mobile learning*, *smart object*, *gamification*, dan *virtual world*.

Internet memiliki karakteristik mampu memotivasi dan menyenangkan pengajar, serta memungkinkan mereka mengajar peserta didik sesuai dengan bakat masing-masing (Pratama *et al.*, 2020). Selain itu, dampak pembelajaran dengan IoT ini juga dinilai mampu menjadikan pelajaran di kelas serta diskusi antar peserta didik lebih hidup. Bahkan dengan IoT peserta didik juga akan mampu mengeksplorasi metode-metode belajar lainnya. Sebagai contoh, peserta didik dapat belajar dirumah dengan melihat video, terlibat dalam projek kemudian mendiskusikan hasil belajar di luar kelas tersebut saat kembali ke sekolah. IoT juga memberikan pekerjaan yang lebih efisien bagi para pengajar dan pelajar. Contohnya adalah, para pengajar mampu mengoptimalkan tugas-tugas yang harus dikerjakan oleh

pelajar. Dengan menggunakan *cloud*, para pengajar juga mampu melihat hasil serta statistik masing-masing pelajar dengan informasi yang lebih cepat dengan cara mengumpulkan data hasil belajar.

2.1.5 *Micro:bit*

Perangkat keras yang digunakan dalam proyek ini terdiri dari BBC *micro:bit*. *Micro:bit* disertai dengan *rolling case* dengan laptop atau tablet yang dapat dikonversi sesuai dengan keinginan (Brandhofer, 2021). Disesuaikan dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai, kita dapat memilih mikrokomputer yang berbeda. Membandingkan spesifikasi teknis dari komputer papan tunggal yang berbeda. Hal ini menjelaskan bahwa BBC *Micro:bit* adalah perangkat yang kompetitif di antara yang lainnya.

Micro:bit adalah sebuah perangkat elektronik kecil yang dirancang untuk memudahkan pengajaran pemrograman dan elektronika bagi peserta didik dan pemula. Perangkat ini memiliki ukuran sebesar kartu kredit dan dilengkapi dengan berbagai fitur yang berguna untuk pembelajaran, seperti sensor-sensor, layar LED, dan konektor untuk berbagai komponen elektronik. Menurut Austin *et al.* (2020) *Micro:bit* dikembangkan oleh BBC dan mitra-mitra industri pada tahun 2015 sebagai bagian dari kampanye untuk mempromosikan pendidikan teknologi dan kreativitas di Inggris.

Secara lebih detail, *Micro:bit* memiliki beberapa fitur utama yang memungkinkan pengguna untuk memprogram dan membuat berbagai proyek elektronika sederhana, antara lain (Kalelioglu & Sentance, 2020):

- a. 25 LED di bagian depan yang dapat dikontrol secara individu
- b. 2 tombol tekan yang dapat diprogram
- c. 3 konektor input/output yang dapat digunakan untuk menghubungkan komponen elektronik lain seperti sensor, motor, atau lampu.

Penelitian sebelumnya telah menyoroti dua alasan untuk menjelaskan mengapa *Micro:bit* layak digunakan dalam aktivitas yang berkaitan dengan fisika (Teiermayer, 2019). Pertama, *Micro:bit* dapat diprogram dalam lebih banyak bahasa pemrograman, termasuk *Python*, *JavaScript*, dan bahasa pemrograman blok visual seperti *Scratch*. Penelitian sebelumnya mengungkapkan *micro:bit* dapat membangun minat peserta didik dan memberikan peluang keberhasilan dalam pelajaran fisika dan dalam kegiatan lintas kurikuler dan klub lainnya. Kedua, *Micro:bit* dilengkapi dengan berbagai sensor yang mudah diakses dan diprogram dengan bantuan *editor* kode *online*. Papan juga memiliki beberapa pin GPIO, radio dan koneksi nirkabel *bluetooth*, sehingga program-program tersebut kemudian dapat diunduh dan dijalankan pada perangkat menggunakan kabel USB atau nirkabel melalui *bluetooth*.

Prinsip kerja *Micro:bit* didasarkan pada program yang dijalankan pada perangkat tersebut. Program yang dibuat oleh pengguna akan mengontrol berbagai fitur yang ada pada *Micro:bit*, seperti sensor-sensor, layar LED, tombol tekan, dan konektor *input* atau *output*. Misalnya, pengguna dapat membuat program yang menggunakan sensor akselerometer untuk mendeteksi gerakan perangkat dan menampilkan hasilnya pada layar LED. Berikut adalah beberapa macam sensor yang ada pada *Micro:bit* beserta penjelasannya (Halfacree, 2017):

- a. Akselerometer: sensor ini digunakan untuk mendeteksi gerakan dan arah perangkat. Akselerometer pada *Micro:bit* dapat mengukur percepatan dalam tiga sumbu (x, y, dan z) dengan akurasi hingga 3g.
- b. Magnetometer: sensor ini digunakan untuk mendeteksi medan magnet di sekitar perangkat. Magnetometer pada *Micro:bit* dapat mengukur medan magnet dalam tiga sumbu (x, y, dan z) dengan akurasi hingga 1,3 gauss.
- c. Sensor suhu: sensor ini digunakan untuk mengukur suhu sekitar perangkat dengan akurasi hingga $\pm 2^{\circ}\text{C}$.
- d. Sensor cahaya: sensor ini digunakan untuk mengukur intensitas cahaya sekitar perangkat dengan rentang pengukuran antara 0 hingga 255.
- e. Sensor suara: sensor ini digunakan untuk mendeteksi suara di sekitar perangkat dengan sensitivitas hingga 57 dB.

Micro:bit dilengkapi juga dengan berbagai modul dan *library* yang memungkinkan pengguna untuk memprogram fitur-fitur tambahan pada perangkat, seperti modul radio untuk mengirim dan menerima data antara beberapa *Micro:bit* atau modul musik untuk memutar suara atau lagu. Dengan memprogram dan mengontrol fitur-fitur pada *Micro:bit*, pengguna dapat belajar tentang konsep-konsep dasar dalam pemrograman dan elektronika, seperti variabel, kondisi, *loop*, *sensor*, input atau *output*, dan lain-lain.

Penjelasan di atas menggambarkan bahwa, *Micro:bit* dapat digunakan sebagai alat bantu pembelajaran untuk memperkenalkan konsep-konsep pemrograman dan teknologi digital kepada peserta didik. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan *Micro:bit* dapat meningkatkan minat dan keterampilan peserta didik dalam bidang sains dan teknologi (Lu *et al.*, 2022). Salah satu contoh penggunaan *Micro:bit* dalam pembelajaran adalah dengan mengembangkan proyek-proyek kreatif dan inovatif. Sebagai contoh, Devine *et al.* (2022) menyajikan sebuah proyek pembelajaran yang menggunakan *Micro:bit* untuk membuat sebuah perangkat untuk mengukur suhu dan kelembaban lingkungan. Selain itu, *Micro:bit* juga dapat digunakan untuk mengembangkan proyek-proyek kreatif dan inovatif, seperti permainan, robotik, dan sistem kontrol otomatis.

Penggunaan *Micro:bit* dalam pembelajaran dapat diaplikasikan untuk membuat sensor mitigasi bencana alam akibat pemanasan global. Sebagai contoh, Devine *et al.* (2022) mengembangkan sebuah proyek sensorik menggunakan *Micro:bit* yang dapat mendeteksi tingkat polusi dan kualitas udara dalam ruangan. Proyek ini bertujuan untuk memberikan kesadaran tentang dampak pemanasan global terhadap kualitas udara dan kesehatan manusia. Prinsip kerja proyek sensorik menggunakan *Micro:bit* yang dapat mendeteksi tingkat polusi dan kualitas udara dalam ruangan yang dikembangkan Devine *et al.* (2022) adalah sebagai berikut:

- a. Sensor yang terdiri dari MQ-135 Sensor dan DHT11 Sensor digunakan untuk mendeteksi konsentrasi partikel polutan dan kelembaban udara dalam ruangan.
- b. *Micro:bit* digunakan sebagai pengendali dan pemroses data sensor.

- c. Konsentrasi partikel polutan dan kelembaban udara yang dideteksi oleh sensor dikirim ke *Micro:bit* melalui koneksi kabel.
- d. Data yang diterima oleh *Micro:bit* kemudian diproses dan ditampilkan pada layar LED yang terhubung ke *Micro:bit*.
- e. Selain itu, *buzzer* dan LED pada *Micro:bit* juga digunakan untuk memberikan notifikasi ketika konsentrasi partikel polutan melebihi ambang batas yang telah ditentukan.

Penelitian ini akan mengembangkan projek sistem kontrol otomatis dengan menggunakan *Micro:bit*. Projek sistem kontrol otomatis yang dibuat dirancang untuk mitigasi gejala alam sehingga dapat mendeteksi gejala alam akibat pemanasan global, antara lain detektor banjir, kebakaran hutan, dan angin ribut. Melalui projek yang dibuat dengan menggunakan *Micro:bit* ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness* peserta didik.

2.1.6 Creative Problem Solving

Sistem pembelajaran abad 21 merupakan suatu peralihan pembelajaran dimana kurikulum yang dikembangkan saat ini menuntut sekolah untuk merubah pendekatan pembelajaran yang berpusat pada pendidik (*teacher-centered learning*) menjadi pendekatan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik (*student-centered learning*). Pendidikan saat ini menuntut peserta didik untuk menguasai keterampilan abad-21 yang terdiri berpikir kritis dan pemecahan masalah (*critical thinking and problem solving*), kreatif (*creative*), komunikasi (*communication*), dan kalaborasi (*colaboration*) (Trilling & Fadel, 2009).

Berpikir kreatif merupakan kompetensi dan keterampilan utama yang harus digali untuk menyambut revolusi industri 4.0 dan konsepsi pendidikan abad ke-21. Karena penelitian telah menunjukkan bahwa pekerjaan kreatif akan mengambil alih di masa depan. Berpikir kreatif memiliki ciri-ciri seperti: menghasilkan ide-ide unik, menghasilkan ide-ide yang tidak biasa dipikirkan, imajinatif, mampu

menghasilkan ide dalam waktu yang tetap, dan kecenderungan untuk melihat masalah langsung dari berbagai perspektif (Brigili, 2015; Zubaidah *et al.*, 2017).

Creative Problem Solving (CPS) adalah suatu cara pemecahan masalah yang memungkinkan seseorang untuk memecahkan masalah secara terbuka hingga timbul inovasi dan mendorong kreativitas dalam memecahkan masalah.

Kreativitas sering digambarkan sebagai kemampuan berpikir berbeda, peka terhadap suatu masalah, kemampuan untuk memecahkan masalah, dan mencari solusi yang tidak biasa untuk permasalahan tersebut (Bacanli *et al.*, 2011). Peserta didik yang memiliki kemampuan kreativitas biasanya dapat menghasilkan suatu hal yang baru baik ide atau suatu produk. Sejalan dengan Ekasari *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa Kreativitas merupakan kemampuan seseorang untuk menghasilkan suatu produk yang baru ataupun kombinasi dari hal-hal yang sudah ada sebelumnya, yang berguna, dan dapat dimengerti.

Beberapa indikator dari keterampilan berpikir kreatif yang bisa digunakan dalam memecahkan masalah atau CPS, yaitu *Fact Finding*, *Fact Interpreting*, *Idea Finding*, *Idea Developing*, *Solution Generating*, dan *Solution Evaluating* (Treffinger & Isaksen, 2005).

Tabel 1. Indikator *creative problem solving*

No	Indikator	Definisi
1.	<i>Fact Finding</i>	Kemampuan untuk mencari informasi yang relevan dan akurat terkait masalah yang dihadapi.
2.	<i>Fact Interpreting</i>	Kemampuan untuk memahami, menganalisis, dan mengevaluasi informasi yang telah dikumpulkan
3.	<i>Idea Finding</i>	Kemampuan untuk menghasilkan berbagai alternatif solusi dan ide-ide kreatif untuk menyelesaikan masalah.
4.	<i>Idea Developing</i>	Kemampuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi ide-ide yang telah dihasilkan, serta mengubahnya menjadi solusi yang lebih spesifik dan terukur.
5.	<i>Solution Generating</i>	Kemampuan untuk merencanakan tindakan yang tepat dalam mengimplementasikan solusi yang telah dipilih.
6.	<i>Solution Evaluating</i>	Kemampuan untuk mengevaluasi efektivitas solusi yang telah dipilih dan mengembangka strategi untuk memperbaiki solusi jika diperlukan.

Tahap *Fact Finding*, peserta didik perlu melakukan beberapa hal untuk memperoleh informasi yang relevan dan akurat terkait masalah yang dihadapi

(Treffinger & Isaksen, 2005). Pertama, peserta didik perlu mengidentifikasi dan memahami secara jelas masalah yang dihadapi. Kemudian, mereka perlu mencari informasi yang relevan dan akurat terkait masalah tersebut baik dari sumber primer maupun sumber sekunder. Selanjutnya, peserta didik perlu mengevaluasi kredibilitas informasi yang telah dikumpulkan sehingga dapat memastikan bahwa informasi tersebut dapat dipercaya. Setelah itu, mereka perlu menyusun informasi yang telah dikumpulkan sehingga dapat dipahami dan digunakan dengan efektif dalam tahap selanjutnya. Terakhir, peserta didik perlu mengembangkan pertanyaan yang relevan untuk memperdalam pemahaman terhadap masalah yang dihadapi serta menentukan informasi yang masih dibutuhkan.

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

Tahap *Idea Finding*, peserta didik perlu melakukan beberapa hal untuk menghasilkan ide-ide baru terkait dengan masalah yang dihadapi (Treffinger & Isaksen, 2005). Pertama, peserta didik perlu menghasilkan sebanyak mungkin ide terkait dengan masalah yang dihadapi. Dalam hal ini, peserta didik perlu mengeksplorasi berbagai alternatif solusi yang mungkin terkait dengan masalah tersebut. Selanjutnya, peserta didik perlu mengajukan pertanyaan-pertanyaan baru

terkait dengan masalah yang dihadapi untuk membantu mereka memperoleh ide-ide baru. Pada tahap ini, peserta didik juga perlu melibatkan kreativitas mereka dalam menghasilkan ide-ide baru. Peserta didik dapat menggunakan teknik brainstorming atau mind mapping untuk membantu mereka dalam menghasilkan ide-ide baru yang kreatif dan inovatif. Selain itu, pada tahap *idea finding*, peserta didik juga perlu mengevaluasi ide-ide yang telah dihasilkan dan menentukan ide-ide mana yang paling berpotensi untuk diimplementasikan. Dalam hal ini, peserta didik dapat menggunakan kriteria evaluasi untuk membantu mereka dalam mengevaluasi dan memilih ide-ide terbaik.

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

Tahap *solution generating*, peserta didik perlu mempertimbangkan ide-ide yang telah dihasilkan pada tahap sebelumnya untuk menghasilkan solusi yang paling efektif dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi. Dalam hal ini, peserta didik perlu melakukan beberapa hal untuk menghasilkan solusi yang lebih inovatif dan kreatif (Treffinger & Isaksen, 2005). Pertama, peserta didik perlu menghasilkan solusi yang berbeda dan beragam untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi. Peserta didik perlu menghasilkan berbagai macam solusi tanpa membatasi diri pada satu ide saja. Dalam hal ini, teknik brainstorming dapat membantu peserta didik untuk menghasilkan ide-ide baru.

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

Tahap *solution generating*, peserta didik fokus pada menghasilkan ide-ide baru yang dapat membantu menyelesaikan masalah yang dihadapi (Treffinger & Isaksen, 2005). Pada tahap ini, peserta didik mempertimbangkan berbagai macam solusi tanpa membatasi diri pada satu ide saja. Peserta didik menggunakan teknik brainstorming untuk menghasilkan ide-ide baru dan mengevaluasi setiap ide yang dihasilkan untuk menentukan solusi terbaik.

Perbedaan utama antara tahap *idea developing* dan *solution generating* adalah pada fokus dan pendekatan yang digunakan oleh peserta didik dalam menghasilkan ide-ide baru dan mengembangkan ide-ide yang telah dihasilkan. Pada tahap *solution generating*, peserta didik fokus pada menghasilkan ide-ide baru, sedangkan pada tahap *Idea Developing*, peserta didik fokus pada mengembangkan ide-ide yang telah dihasilkan. Namun, keduanya memiliki peran yang penting dalam proses CPS dan saling terkait satu sama lain.

Tahap *solution evaluating* adalah tahap di mana peserta didik mengevaluasi ide-ide dan solusi yang telah dihasilkan pada tahap sebelumnya dan memilih solusi terbaik yang dapat membantu menyelesaikan masalah yang dihadapi (Treffinger & Isaksen, 2005). Pada tahap ini, peserta didik mencoba untuk menilai setiap solusi yang dihasilkan berdasarkan berbagai kriteria, seperti efektivitas, efisiensi, kelayakan, dan dampaknya terhadap lingkungan dan masyarakat sekitar. Untuk melakukan evaluasi solusi, peserta didik dapat menggunakan berbagai teknik,

seperti *SWOT analysis*, *decision matrix*, dan *cost-benefit analysis*. Peserta didik juga dapat melakukan simulasi atau prototype solusi yang telah dipilih untuk menguji keefektifan dan keamanannya. Hal yang penting diperhatikan pada tahap *solution evaluating* adalah peserta didik harus mempertimbangkan secara kritis setiap solusi yang dihasilkan (Treffinger & Isaksen, 2005) Mereka harus memastikan bahwa solusi yang dipilih adalah solusi yang dapat diterapkan dan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi yang ada.

Proses pembelajaran di sekolah saat ini guru belum memberikan kesempatan yang optimal kepada peserta didik untuk dapat mengembangkan kreativitasnya. Penyebab hal tersebut terjadi karena beberapa hal, antara lain: (1) gaya pengajaran sains umumnya banyak dilakukan dengan cara menghafal dan sangat minim dengan kerja laboratorium, (2) masih banyak guru sains yang berpendapat bahwa mengajar itu suatu kegiatan menjelaskan dan menyampaikan informasi tentang konsep-konsep; (3) soal-soal ujian semester dan akhir kurang memotivasi peserta didik berpikir kreatif, karena soal-soal yang diajukan hanya dititik beratkan pada aspek kognitif yang umumnya berbentuk pilihan ganda, dan (4) fasilitas sekolah untuk menopang peserta didik mengembangkan kreativitasnya, terutama yang berkaitan dengan perkembangan sains teknologi umumnya kurang memadai (Mundilarto & Kuswanto, 2017).

CPS dapat dilatihkan dalam pembelajaran fisika untuk membantu peserta didik memecahkan masalah fisika yang kompleks secara sistematis dan logis. CPS dapat diterapkan dalam pembelajaran fisika melalui kegiatan analisis data pengamatan, pembuatan pemodelan dan simulasi, pemecahan masalah, dan pembuatan visualisasi. Dalam pembelajaran fisika, guru dapat mengajarkan konsep fisika dengan memperkenalkan konsep fisika melalui penggunaan CPS dalam pembelajaran. Oleh karena itu, pengajaran CPS dapat meningkatkan pemahaman peserta didik tentang konsep fisika dan memungkinkan mereka untuk memecahkan masalah fisika dengan lebih efektif.

2.1.7 *Self awareness*

Self Awareness merupakan bagian dari salah satu aspek kepribadian yang dianggap penting di dalam kehidupan seseorang. *Self Awareness* Kesadaran diri mewakili fenomena multidimensi yang kompleks yang terdiri dari berbagai self-domain dan konsekuensi. Seseorang bisa memikirkan masa lalu (otobiografi) dan masa depan (prospeksi). Demikian pula, seseorang bisa fokus pada pekerjaan seseorang, emosi, pikiran, ciri kepribadian, preferensi, tujuan, sikap, persepsi, sensasi, niat, dan sebagainya (Morin, 2011).

Self Awareness dianggap penting karena hal ini akan sangat menentukan sejauh mana seseorang dapat mengerti dan memahami keadaan serta bagaimana seseorang dapat menerima segala apapun yang terjadi di dalam hidup ini (Nu'man, 2019). *Self Awareness* menjelaskan tentang kondisi kepribadian seseorang yang meliputi kekuatan, kemampuan, kelemahan, kepercayaannya akan sesuatu hal, motivasi dan antusiasmenya, serta perasaan-perasaannya. *Self awareness* juga merupakan salah satu atribut dasar dari aspek *Emotional Intelligence* (EI) dan juga merupakan salah satu kunci utama dalam meraih sukses di dalam segala hal (Habib *et al.*, 2023). Sehingga dapat disimpulkan bahwa *Self awareness* adalah bagaimana seseorang dapat memiliki kesadaran untuk dirinya sendiri untuk memotivasi, mengatur emosi, percaya diri, serta membawa keyakinan tentang dirinya agar tanggap terhadap lingkungan disekitarnya.

Seseorang yang memiliki kesadaran diri yang baik akan lebih memahami emosi, kelemahan dan keterbatasan pada dirinya serta pengenalan diri secara mendalam. Kesadaran diri sangatlah penting, memahami diri bukan hanya salah satu syarat agar kita sukses, tetapi juga merupakan syarat agar kita dapat bekerja bersama orang lain secara efektif (Mudana *et al.*, 2014). *Self awareness* merepresentasikan apa yang sedang dirasakan dan menggunakannya untuk memandu pengambilan keputusan diri sendiri, memiliki tolok ukur yang realistis atas kemampuan diri dan kepercayaan diri yang kuat. Seseorang dikatakan memiliki kesadaran diri jika mampu memahami emosi yang sedang dirasakan, kritis terhadap informasi

mengenai diri sendiri, dan sadar tentang diri sendiri secara nyata. Secara singkat, kesadaran diri dapat diartikan sebagai suatu sikap sadar seseorang mengenai pikiran, perasaan, dan evaluasi diri yang ada dalam dirinya sendiri (Goleman, 2000).

Perkembangan teori *self awareness* yang diperkenalkan oleh psikolog Philippe Rochat, menyatakan bahwa ada lima level sebagai indikator peningkatan *self awareness* antara lain *differentiation*, *situation*, *identification*, *permanence*, dan *self-consciousness* (Rochat, 2003).

Tabel 2. Indikator *Self Awareness*

Indikator	Definisi
<i>Differentiation</i>	Peserta didik mampu membedakan suatu hal yang baik dan buruk dari dalam diri dan lingkungannya.
<i>Situation</i>	Peserta didik mampu menggambarkan situasi yang terjadi pada dirinya dan lingkungannya.
<i>Identification</i>	Peserta didik mampu mengidentifikasi sebab-akibat setiap hal yang terjadi pada dirinya dan lingkungannya
<i>Permanence</i>	Peserta didik memiliki kesadaran diri yang lengkap dan lingkungan dari berbagai aspek, bahkan ketika terjadi perubahan.
<i>Self-Consciousness</i>	Peserta didik sudah mampu beradaptasi dan bertindak dengan segala perubahan yang terjadi pada dirinya dan lingkungannya. Kesadaran diri ini tidak hanya untuk dirinya sendiri tapi juga juga untuk lingkungannya.

2.1.8 Pemanasan global

Pemanasan global adalah peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi, dan merupakan salah satu dampak perubahan iklim yang paling terlihat. Perubahan iklim disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi, dan polusi. Studi ilmiah yang ada membuktikan adanya peningkatan bertahap sejak pertengahan abad ke-19 (Cheshmehzangi, 2020).

Pemanasan global terjadi akibat adanya meningkatnya gas-gas rumah kaca yang menyebabkan efek rumah kaca yang berlebihan pada atmosfer bumi diyakini

merupakan salah satu penyebab terjadinya perubahan iklim global secara ekstrem. Gas-gas yang dihasilkan lewat proses alami di bumi ataupun merupakan hasil sampingan dari aktivitas manusia saat memenuhi kebutuhan hidup. Gas yang dihasilkan oleh letusan gunung berapi, kebakaran hutan, rawa-rawa, proses fotosintesis, proses pembusukan hingga proses bernafas pun merupakan sumber gas rumah kaca alami. Sedangkan sisa pembakaran hasil industri, pembakaran bahan bakar fosil, emisi gas buang kendaraan bermotor adalah sumber gas rumah kaca akibat dari aktivitas manusia. Meningkatnya gas rumah kaca dimulai sejak abad 18 saat manusia menemukan teknologi industri yang banyak menggunakan bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas maupun batubara untuk menghasilkan energi dan menyisakan gas-gas rumah kaca yang kemudian kian banyak terkumpul pada lapisan atmosfer melampaui batas kemampuan tumbuhan dan laut untuk mengabsorsinya.

Pemanasan global memiliki dampak yang luas dan serius pada berbagai aspek kehidupan, termasuk lingkungan, sosial, dan ekonomi. Adanya lubang ozon menyebabkan sinar ultraviolet dapat menerobos sampai ke atmosfer bumi dan hal ini menyebabkan kenaikan suhu udara. Perubahan suhu udara akibat pemanasan global yang berdampak secara langsung terhadap geosfer, oleh karena atmosfer dan hidrosfer merupakan bagian dari ekosistem bumi (geosfer) maka dampak pemanasan global juga berlaku pada geosfer. Sebagai contoh kekeringan yang berkepanjangan akan berdampak makin luasnya daerah tandus, kenaikan permukaan air laut juga berdampak menggenangi daratan dan pada akhirnya akan menyebabkan kerusakan (Cunningham & Cunningham, 2010). Selain itu, Perubahan suhu udara akibat pemanasan global yang berdampak secara langsung terhadap atmosfer adalah sebagai berikut (Wardhana, 2010). Kenaikan suhu udara akan berpengaruh pada perubahan arah angin dan ini berarti terjadi perubahan musim.

- a. Banjir dan tanah longsor. Pada musim hujan angin banyak membawa uap air dari Laut Hindia yang akan dijatuhkan sebagai air di daratan Indonesia. Perubahan musim pada saat ini dirasakan dengan adanya musim hujan yang

- berkepanjangan, sehingga mengakibatkan banjir dan tanah longsor di berbagai belahan bumi.
- b. Kekeringan, bencana kelaparan dan kebakaran hutan. Musim hujan yang berkepanjangan akan mengakibatkan musim kemarau yang berkepanjangan di belahan bumi lainnya. Hal ini dapat menyebabkan kekeringan, kekurangan air yang berujung pada kegagalan panen, dan kebakaran hutan di beberapa wilayah.
 - c. Angin topan. Angin topan terjadi karena peningkatan suhu udara yang menjadi sangat panas, lapisan atmosfer bumi akan menerima suhu panas yang lebih besar namun tekanan udaranya rendah. Karena hal itulah maka akan terjadi perpindahan tekanan udara dari tempat yang memiliki suhu rendah menuju tempat yang memiliki suhu tinggi sehingga terjadilah pusaran angin yang disebut sebagai angin topan.

Pemanasan global dapat dikurangi dampaknya, namun diperlukan tindakan kolektif dari seluruh masyarakat dan negara. Beberapa tindakan yang dapat dilakukan meliputi mengurangi emisi gas rumah kaca dengan menggunakan sumber energi terbarukan, menghemat energi dengan melakukan penghematan listrik dan transportasi yang ramah lingkungan, serta melakukan penghijauan dan penanaman kembali hutan. Pemanasan global merupakan hal yang tidak dapat dihindari lagi. Namun, seluruh masyarakat perlu meningkatkan kesadaran akan besarnya dampak gejala alam akibat pemanasan global. Oleh sebab itu, perlu diperkenalkan proyek pembuatan alat mitigasi gejala alam akibat pemanasan global bagi peserta didik.

Pembelajaran materi pemanasan global terdapat dalam kurikulum merdeka fase E. Materi pemanasan global berada di tema pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan atau *Education for Sustainable Development (ESD)*. ESD merupakan pendekatan pendidikan yang mengintegrasikan isu-isu pembangunan berkelanjutan ke dalam kurikulum dan kegiatan pembelajaran di sekolah. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kesadaran dan pemahaman peserta didik mengenai isu-isu sosial, ekonomi, dan lingkungan yang mempengaruhi

keberlanjutan alam semesta serta mempromosikan tindakan yang berkelanjutan dan bertanggung jawab di dalam dan di luar kelas.

Memiliki kesadaran akan dampak yang dapat ditimbulkan akibat pemanasan global merupakan hal yang penting. Hal ini dapat membantu peserta didik memahami pentingnya tindakan mitigasi dan memberikan motivasi untuk mengambil tindakan yang diperlukan. Pembelajaran mitigasi waspada dapat membantu peserta didik mempersiapkan diri menghadapi gejala alam yang terkait dengan pemanasan global. Hal ini termasuk meningkatkan kapasitas dan kesiapsiagaan dalam hal tanggap darurat, membantu peserta didik mengurangi risiko bencana, perlindungan terhadap bencana, dan pemulihan pasca-bencana.

2.2 Penelitian Relevan

Berikut uraian tabel terkait penelitian yang relevan, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penelitian yang Relevan

Nama Peneliti (1)	Nama Jurnal (2)	Judul Artikel (3)	Hasil Penelitian (4)
(Sukmasari & Rosana, 2017)	Jurnal TPACK-IPA	Pengembangan LKPD <i>Project Based Learning</i> Materi Ekstraksi Dna Untuk Meningkatkan Kemampuan <i>Collaborative Problem Solving Development Of Project Based Learning Worksheet For Extraction Of Dna</i>	Respon peserta didik terhadap produk LKPD adalah valid dan dapat digunakan. Kemampuan <i>collaborative problem solving</i> meningkat secara signifikan menurut penilaian observer, <i>self-assessment</i> , dan <i>peer-assessment</i> berdasarkan hasil perhitungan mean, persentase dan t-test.
(Aristiadi, 2019)	Jurnal Pendidikan Biologi	Pengaruh Penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Projek Terhadap Hasil Belajar Peserta Didik Pada Konsep Pemanasan Global	Terdapat pengaruh penggunaan lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis projek terhadap hasil belajar peserta didik pada konsep pemanasan global di Kelas VII SMP Negeri 6 Kota Tasikmalaya Tahun Ajaran 2017/2018.
(Ratu <i>et al.</i> , 2021)	Konstan-Jurnal Fisika Dan Pendidikan Fisika	Efektivitas <i>Project Based Learning</i> Terhadap Efikasi Diri dan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik	Penggunaan model PjBL dalam pembelajaran fisika berpengaruh terhadap efikasi diri dan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

(1)	(2)	(3)	(4)
(Fiteriani <i>et al.</i> , 2021)	In Journal of Physics: Conference Series	<i>Project-based learning through STEM approach: Is it effective to improve students' creative problem-solving ability and metacognitive skills in physics learning?</i>	Terdapat pengaruh penerapan model pembelajaran PjBL dengan pendekatan STEM terhadap kemampuan kreatif pemecahan masalah dan keterampilan metakognitif peserta didik dalam pembelajaran fisika.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan beberapa tahun belakangan ini, belum ada penelitian pengembangan LKPD mitigasi bencana alam berbasis Iot untuk meningkatkan kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness*.

2.3 Kerangka Pemikiran

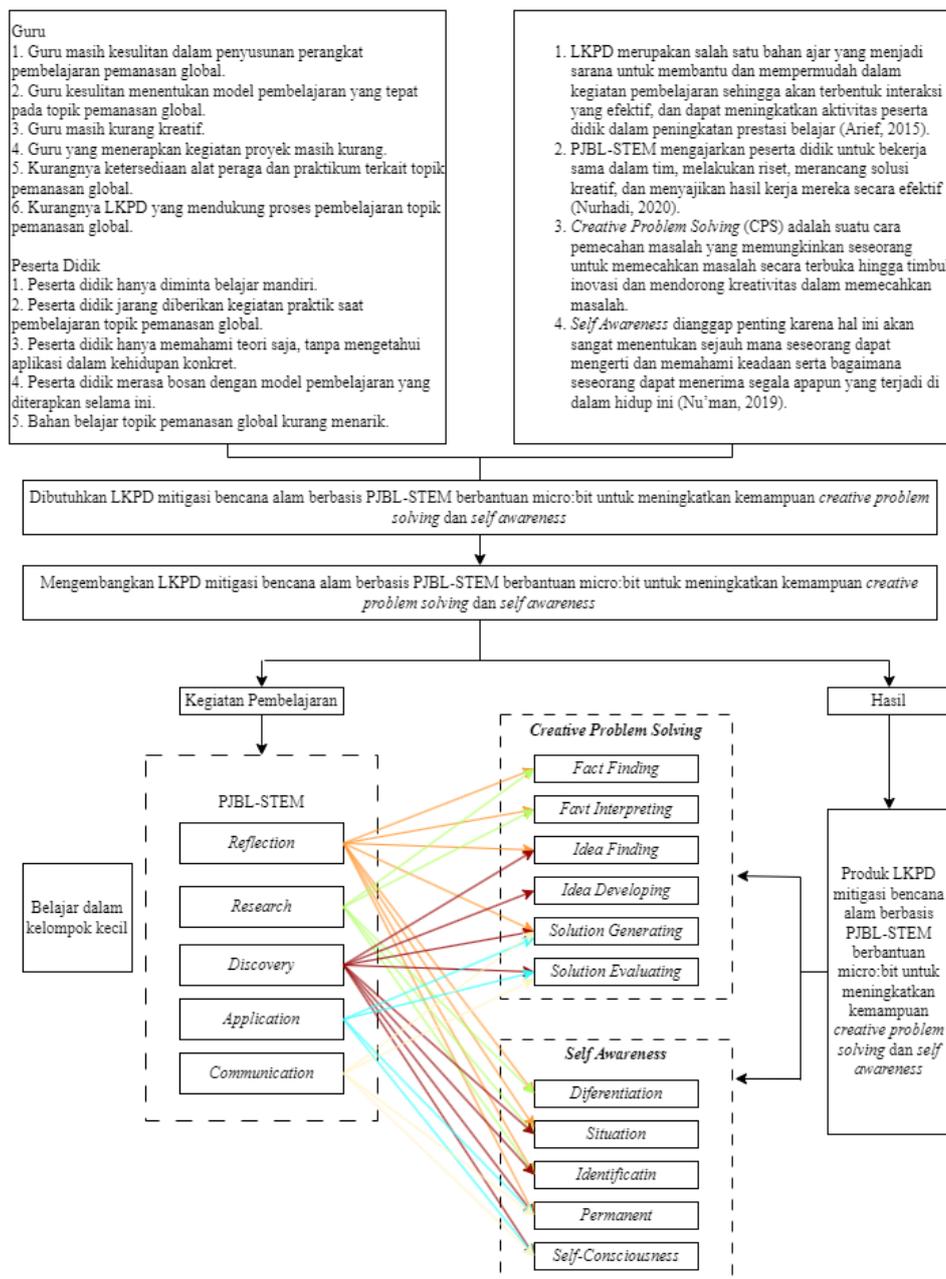
Adanya perkembangan teknologi informasi yang cukup pesat memunculkan tantangan abad 21. Tantangan untuk mengembangkan Keterampilan hidup pada abad 21, menjadi salah satu alasan pemerintah untuk melakukan pengembangan kurikulum merdeka. Hal utama yang berdampak bagi guru yaitu, pada perubahan pengembangan perangkat pembelajaran terutama dalam hal membuat perencanaan pembelajaran yang dituntut agar dapat menerapkan berbagai pendekatan dan bahan ajar yang sesuai dengan karakter materi dan kompetensi yang harus dicapai oleh peserta didik untuk menghadapi tantangan abad 21.

Bahan ajar merupakan bagian dari sumber pembelajaran yang digunakan untuk membantu guru dalam kegiatan belajar mengajar di kelas. Salah satu bahan ajar yang dapat digunakan guru dan peserta didik adalah LKPD. LKPD memuat aktivitas yang dapat memandu kegiatan peserta didik selama proses pembelajaran. Kegiatan dalam LKPD ini dapat diintegrasikan dengan PjBL-STEM. Pembelajaran berbasis model PjBL-STEM dapat memfasilitasi peserta didik untuk membangun model mental dan *problem solving* mereka. Proses membangun model mental ini akan berkontribusi peningkatan kemampuan *problem solving* peserta didik.

Tahapan-tahapan dalam LKPD berbasis PjBL-STEM meliputi beberapa tahap yaitu tahap *reflection*, *research*, *discovery*, *application*, *communication*. Melalui tahapan-tahapan yang ada ini, dapat meningkatkan *creative problem solving* dan

self awareness peserta didik. Dengan demikian, maka penerapan pengembangan LKPD yang dikembangkan dengan berbantuan *micro:bit* berbasis model *project based learning* ini diperkirakan dapat meningkatkan *creative problem solving* dan *self awareness* peserta didik khususnya pada topik mitigasi bencana alam.

Mitigasi bencana alam yang dimaksud adalah bencana alam akibat dari pemanasak global. Secara singkat kerangka pemikiran dijelaskan pada gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian Pengembangan

Penelitian pengembangan ini menggunakan desain 4D. Teori penelitian pengembangan 4D adalah model pengembangan instruksional yang dikembangkan oleh Thiagarajan & Semmel (1976). Desain penelitian pengembangan 4D merujuk pada model pengembangan instruksional yang terdiri dari empat tahap, yaitu *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Dessiminate*. Setiap tahap memiliki fokus khusus dan tujuan yang berbeda, namun semuanya berkontribusi pada pengembangan dan pengiriman program pembelajaran yang efektif.

3.1.1 *Define* (Definisi)

Tahap *define* bertujuan untuk mendefinisikan masalah atau kebutuhan yang ingin diselesaikan atau dipenuhi dengan mengembangkan program atau produk pembelajaran. Melalui tahap mendefinisikan masalah diharapkan solusi yang dapat diterapkan di lapangan sesuai dengan kebutuhan. Mendefinisikan masalah pada penelitian pengembangan ini dilakukan dengan pemberiang angket analisis kebutuhan. Angket analisis kebutuhan kepada guru dan peserta didik untuk mengetahui masalah dan potensi yang ada pada proses pembelajaran fisika khususnya materi pemanasan global serta penggunaan LKPD di sekolah. Informasi yang diperoleh dari analisis kebutuhan menjadi dasar peneliti melakukan penelitian pengembangan ini. Tahap ini juga didukung dengan mengumpulkan informasi melalui studi literatur, maupun internet.

3.1.2 *Design* (Desain)

Tahap *design* (mendesain) merupakan tahap kedua dalam prosedur pengembangan produk yaitu merancang suatu produk yang akan dikembangkan dengan didasarkan pada hasil analisis yang telah dilakukan. Peneliti akan mendesain rancangan desain produk untuk SMA kelas X semester genap yaitu LKPD untuk meningkatkan *creative problem solving* dan *self awareness* peserta didik.

3.1.3 *Develop* (Pengembangan)

Setelah mendesain, langkah selanjutnya yaitu pelaksanaan perancangan desain LKPD pada topik mitigasi bencana alam. Tahap *develop* (pengembangan) merupakan tahap pengembangan produk sesuai dengan rancangan yang telah dibuat pada tahap *design*. Tahap *develop* yang akan menghasilkan rangkaian LKPD. Tahap pengembangan dilakukan berdasarkan desain produk LKPD yang telah dibuat oleh peneliti, kemudian peneliti melakukan uji validitas, uji kepraktisan, dan uji keefektifan. Uji kepraktisan dilakukan melalui uji keterbacaan, uji respon, dan uji persepsi, untuk mengetahui tingkat kelayakan produk, keterbacaan produk terhadap penggunaan LKPD dalam proses pembelajaran.

Tahap uji keefektifan dilakukan dengan melaksanakan uji coba lapangan penggunaan LKPD berbasis PjBL-STEM berbantuan micro:bit terhadap *self awareness* dan *creative problem solving* yang telah dikembangkan dan divalidasi oleh ahli. Uji coba lapangan dilakukan melalui perbandingan hasil pengukuran *pretest* dan *posttest* terhadap dua kelas sampel, dengan satu kelas sebagai kelas kontrol dan satu kelas sebagai kelas eksperimen. Kelas dipilih dengan teknik *purposive sampling*. Uji coba lapangan dilakukan menggunakan desain penelitian kuasi eksperimen, yaitu *nonequivalent control group design*. Desain ini digunakan untuk melihat ada atau tidaknya perbedaan nilai *self awareness* dan *creative problem solving* peserta didik sesudah diterapkan pembelajaran menggunakan

LKPD yang dikembangkan. Desain penelitian quasi experimental dengan desain penelitian *nonequivalent control group design* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. *nonequivalent control group design*

Sampel	Pretest	Treatment	Posttest
Kontrol	X ₁ Y ₁	T ₁	X ₂ Y ₂
Eksperimen	X ₁ Y ₁	T ₂	X ₂ Y ₂

Keterangan:

X₁ : Tes awal kemampuan *self awareness*.

Y₁ : Tes awal kemampuan *creative problem solving*.

T₁ : *Treatment* pembelajaran menggunakan LKPD konvensional.

T₂ : *Treatment* pembelajaran menggunakan LKPD berbasis PjBL-STEM berbantuan micro:bit.

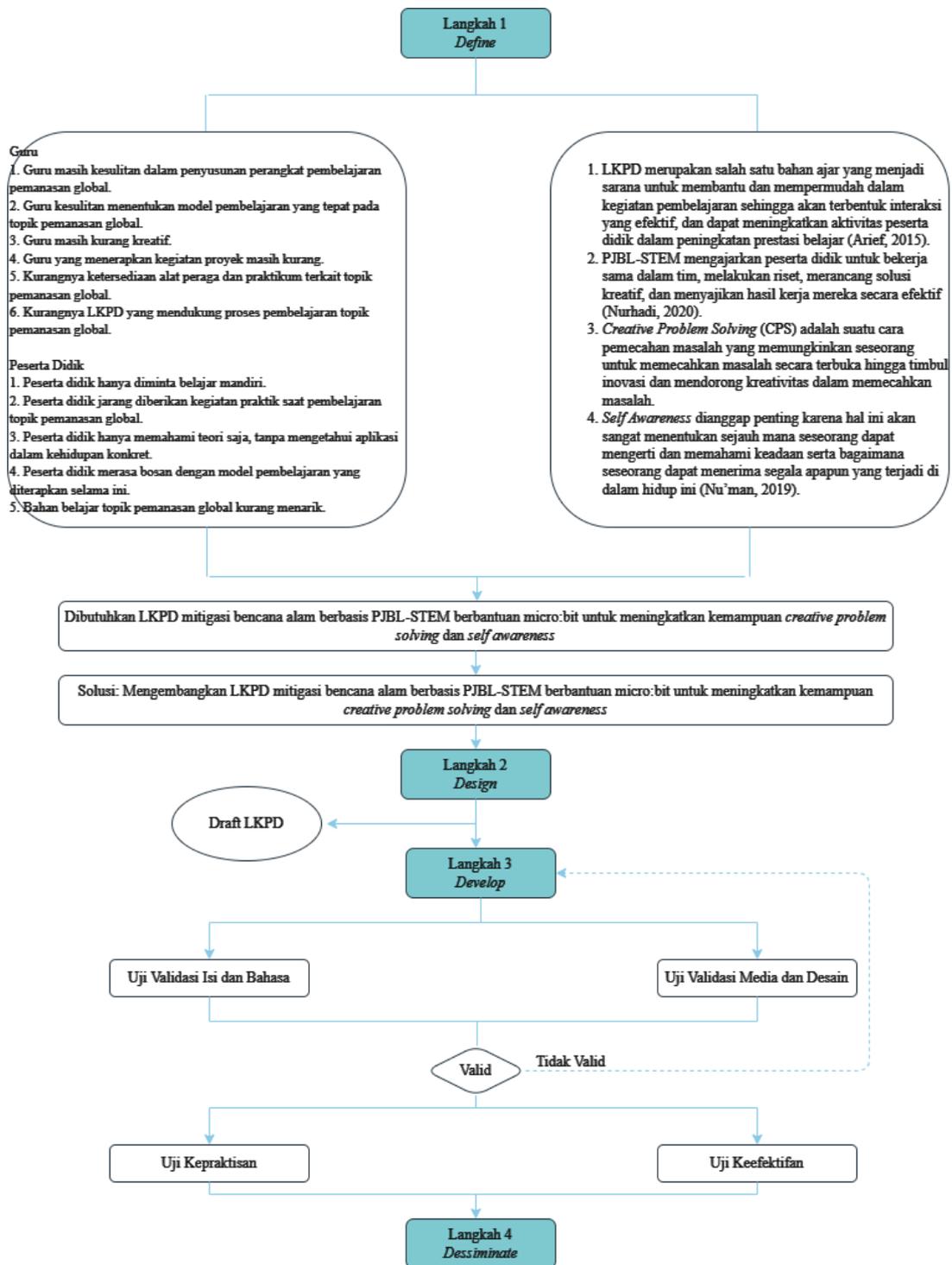
X₂ : Tes akhir kemampuan *self awareness*.

Y₂ : Tes akhir kemampuan *creative problem solving*.

3.1.4 *Disseminate* (Penyebaran)

Disseminate merupakan tahap terakhir dalam penelitian pengembangan dengan desain 4D yang bertujuan untuk mendistribusikan atau menyebarluaskan produk pembelajaran yang telah dikembangkan kepada pengguna atau pemangku kepentingan yang relevan. Tahap *disseminate* juga merupakan tahap evaluasi akhir yang dapat membantu peneliti untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas produk pembelajaran pada pengembangan selanjutnya. Peneliti memastikan bahwa program atau produk pembelajaran yang telah dikembangkan dapat diakses dan digunakan oleh pengguna atau pemangku kepentingan yang relevan. Selain itu peneliti juga memastikan bahwa produk yang dikembangkan telah melalui tahap uji kevalidan, uji kepraktisan, dan uji keefektivan, sehingga dinyatakan layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran. Proses *disseminate* dapat berupa publikasi artikel ilmiah atau pemaparan dalam suatu seminar, sehingga produk yang telah dikembangkan dapat diketahui oleh pengguna. Alur

penelitian dan pengembangan pada penelitian ini secara runtut dijelaskan pada gambar 2:



Gambar 2. Alur Desain Penelitian

3.2 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu berupa angket analisis kebutuhan dalam pembelajaran pemanasan global, angket uji validasi, angket uji kepraktias, angket uji keterbacaan, dan soal *pretest* dan *posstest* untuk menguji keefektivan.

3.2.1 Angket Analisis Kebutuhan

Angket analisis kebutuhan diisi oleh guru dan peserta didik untuk melihat potensi dan masalah yang terjadi dalam pembelajaran materi pemanasan global. Angket analisis kebutuhan berisi daftar pertanyaan yang ditujukan kepada guru dan peserta didik mengenai kegiatan pembelajaran fisika, khususnya materi pemanasan global di sekolah.

3.2.2 Angket Uji Validitas

Uji validitas produk diisi oleh tiga validator yaitu dua dosen Pendidikan Fisika Universitas Lampung dan satu guru SMA. Angket uji validitas bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan produk sehingga LKPD yang dikembangkan oleh peneliti dapat digunakan oleh guru sebagai media pembelajaran di sekolah.

Penskoran pada angket uji validasi ini menggunakan skala *likert* yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurens (2006) yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Skala Likert pada Angket Uji Validasi

Presentase	Kriteria
Sangat <i>valid</i>	4
<i>Valid</i>	3
Kurang <i>valid</i>	2
Tidak <i>valid</i>	1

3.2.3 Angket Uji Kepraktisan

Uji keterbacaan diuji menggunakan lembar observasi pengguna yang tujuannya yakni untuk mengetahui mengetahui kepraktisan produk LKPD yang dikembangkan oleh peneliti. Sistem penskoran menggunakan skala Likert yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurens (2006) dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Skala Likert pada Angket Uji Kepraktisan

Presentase	Kriteria
Sangat Baik	4
Baik	3
Kurang Baik	2
Tidak Baik	1

3.2.4 *Pretest* dan *posttest*

Soal *pretest* dan *posttest* diberikan untuk melihat apakah ada perbedaan rata-rata peningkatan nilai *creative problem solving* dan *self awareness* peserta didik setelah diterapkan LKPD. Soal *pretest* diberikan kepada peserta didik sebelum LKPD diterapkan. Soal *posttest* diberikan kepada peserta didik setelah LKPD diterapkan. Soal yang dikembangkan didesain untuk dapat mengukur kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness* secara. Soal dibuat dalam bentuk esai dengan jenis pertanyaan terbuka, sehingga memerlukan argumentasi yang berdasarkan analisis sains. Oleh karena itu, selain dapat mengukur *creative problem solving*, soal juga dapat mengukur kemampuan *self awareness* terhadap bencana alam yang diakibatkan oleh pemanasan global. Pertanyaan terbuka memberikan data yang signifikan dalam jenis survei dan kuesioner yang digunakan dalam proses penilaian *self awareness* (Fernandez, *et.al.*, 2020). Data yang diperoleh melalui pertanyaan terbuka dapat memberikan peneliti informasi mengenai sikap dan pendapat responden, yang tidak dapat diperoleh dengan mudah dari data pertanyaan tertutup (Ross & Bruce, 2007). Hal ini selaras dengan instrumen yang telah dibuat, instrumen memerlukan pemaparan argumentasi dan analisis peserta didik dalam menyikapi gejala alam akibat pemanasan global untuk menjawab setiap pertanyaan.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Rencana pengumpulan data pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Teknik Pengumpulan Data

Variabel Penelitian	Instrumen yang digunakan	Subjek yang dituju	Analisis Data
(1)	(2)	(3)	(4)
Validitas	Angket uji ahli materi dan uji ahli desain	Dua dosen ahli pendidikan fisika Universitas Lampung,	Analisis presentase

(1)	(2)	(3)	(4)
		dan seorang guru fisika SMA	
Kepraktisan	Angket uji keterbacaan	Peserta didik	Analisis presentase dan deskriptif analisis
Keefektifan	<i>Pretest</i> dan <i>Posttets</i>	Peserta didik	Analisis N-Gain, uji statistic, dan deskriptif statistik.

3.4 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode campuran (*mixed method*), yaitu kualitatif dan kuantitatif

3.4.1 Analisis Uji Kevalidan

Data untuk kevalidan didapatkan dari angket uji ahli materi dan konstruk serta angket uji ahli media dan desain yang diisi oleh validator. Kriteria kevalidan diperoleh melalui uji validitas ahli, kemudian teknik analisis data menggunakan data hasil uji validasi ahli dihitung dengan persamaan berikut:

$$p = \frac{\text{Rerata yang didapat}}{\sum \text{Total}}$$

Hasil yang dihitung kemudian ditafsirkan sehingga mendapatkan kualitas dari produk yang dikembangkan. Penafsiran skor mengadaptasi dari Ratumanan & Laurens (2006) seperti yang terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Konversi Skor Penilaian Kevalidan Produk

Interval Skor Hasil Penilaian	Kriteria
3,25 < skor ≤ 4,00	Sangat Valid
2,50 < skor ≤ 3,25	Valid
1,75 < skor ≤ 2,50	Kurang Valid
1,00 < skor ≤ 1,75	Tidak Valid

Tabel 8, peneliti memberikan batasan bahwa produk LKPD yang dikembangkan oleh peneliti terkategori valid untuk digunakan jika produk mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal presentase sebesar 2,50 dengan kriteria valid.

3.4.2 Analisis Uji Kepraktisan

Data yang digunakan untuk mengetahui kepraktisan produk diperoleh berdasarkan pengisian angket uji keterbacaan (data kuantitatif). Hasil jawaban pada angket dianalisis menggunakan analisis persentase berdasarkan rumus seperti di bawah ini:

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

Data hasil pengisian angket uji keterbacaan dianalisis menggunakan analisis persentase diadaptasi dari (Arikunto, 2011) seperti pada data untuk mengetahui kepraktisan produk.

Tabel 9. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan

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

Tabel 9, peneliti memberi batasan bahwa produk yang dikembangkan akan terkategori praktis jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 40% dengan kriteria sedang.

3.4.3 Analisis Uji Keefektifan

Data yang digunakan untuk mengetahui keefektifan produk diperoleh dari data kuantitatif *pretest* dan *posstest*. Hasil jawaban *pretest* dan *posstest* selanjutnya dianalisis menggunakan uji normalitas, uji *paired sample t-test*, uji *independent sample t-test*, dan uji *N-Gain*. Selain tes, keefektifan produk juga dilihat melalui lembar observasi ketercapaian kemampuan *creative problem solving* dan *self awareness* serta respon peserta didik setelah membaca dan mempelajari LKPD yang telah dikembangkan.

a. Uji Normalitas

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

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

b. 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:

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

Kriteria interpretasi nilai *N-gain* dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Kriteria nilai *N-gain*

<i>N-Gain</i>	Kriteria Interpretasi
0,71-1,00	Tinggi
0,41-0,70	Sedang
0,10-0,40	Rendah

c. Uji *Paired Sample T-test*

Setelah melakukan uji normalitas, maka dapat kesimpulan yaitu data *pretest* dan *posttest* kelas eksperimen dan kontrol berdistribusi normal. Sehingga untuk membuktikan bahwa terdapat perbedaan rata-rata atau mean untuk sampel bebas atau *independent* yang berpasangan maka perlu uji *paired sample t-test*.

H_0 : tidak terdapat peningkatan yang signifikan, sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan LKPD berbasis PjBL-STEM berbantuan micro:bit terhadap *self awareness* dan *creative problem solving*.

H_1 : terdapat peningkatan yang signifikan, sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan LKPD berbasis PjBL-STEM berbantuan micro:bit terhadap *self awareness* dan *creative problem solving*.

Pengambilan keputusan berdasarkan pada kriteria pengujian yang digunakan yaitu:

Apabila nilai $sig. < 0,05$ maka H_1 diterima;

Apabila nilai $sig. \geq 0,05$ maka H_1 ditolak (Arikunto, 2011).

Jika data ternyata tidak berdistribusi normal, maka uji pilihan lainnya adalah uji *non parametric wilcoxon* digunakan untuk menganalisis hasil-hasil pengamatan yang berpasangan dari dua data apakah berbeda atau tidak. *Wilcoxon signed Rank test* ini digunakan hanya untuk data bertipe interval atau ratio, namun datanya tidak mengikuti distribusi normal.

Uji hipotesis :

H_0 : Tidak terdapat perbedaan diantara dua perlakuan yang diberikan.

H_1 : Terdapat perbedaan diantara dua perlakuan yang diberikan.

d. Uji *Analysis of Covariance* (ANCOVA)

Analisis data penelitian ini dilakukan menggunakan SPSS versi 21 untuk ketelitian dalam pengujian hipotesis penelitian. Hasil analisis dari semua variabel terikat dirangkum untuk menemukan pola umum. Tujuan ANCOVA adalah untuk mengetahui atau melihat pengaruh treatment/perlakuan/faktor terhadap variabel dependen dengan mengontrol variabel lain (Field, 2009).

e. *Effect Size*

Pengukuran besarnya efek penggunaan dari LKPD berbasis PjBL-STEM berbantuan micro:bit terhadap *self awareness* dan keterampilan *creative problem solving* peserta didik. Kriteria dari nilai *effect size* dapat dilihat pada Tabel 11. berikut ini:

Tabel 11. Kriteria Nilai *Effect Size*

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

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. LKPD Mitigasi Bencana Alam Berbasis PjBL-STEM yang dikembangkan memuat 2 kegiatan. Kegiatan 1 berisikan aktivitas *reflection, research, discovery*, dan *communication*, sedangkan kegiatan 2 berisikan kegiatan *discovery, application*, dan *communication*. LKPD dilengkapi dengan penggunaan media pendukung berupa *scan barcode* yang berisi video pembelajaran dan tutorial untuk membuat sensor mitigasi bencana alam. Penggunaan *scan barcode* ini dapat diakses dengan mudah oleh peserta didik. Selain itu, LKPD juga dilengkapi dengan simbol yang akan membantu aktivitas peserta didik menyelesaikan proyek dan aktivitas guru dalam melakukan penilaian. LKPD Mitigasi Bencana Alam Berbasis PjBL-STEM dinyatakan valid secara isi, bahasa, media dan desain berdasarkan penilaian ahli. Validitas LKPD memperoleh rata-rata bobot persentase kevalidan LKPD sebesar 90,88% dengan kriteria sangat valid.
2. Kepraktisan LKPD Mitigasi Bencana Alam Berbasis PjBL-STEM terkategori sangat praktis, sehingga dapat digunakan pada pembelajaran fisika SMA Kurikulum Merdeka, Fase E Kelas X, pada Topik Pemanasan Global. Hasil kepraktisan produk menunjukkan bobot persentase 93.10% dengan kriteria sangat praktis. Kriteria kepraktisan ini diperoleh karena kegiatan yang termuat dalam LKPD merupakan kegiatan yang mestimulus peserta didik untuk memahami konsep-konsep dan memecahkan masalah secara efektif

melalui sebuah kegiatan proyek. Hal ini nampak dari antusias peserta didik yang tertarik saat belajar menggunakan LKPD, sehingga memotivasi peserta didik untuk terlibat aktif dalam pembelajaran.

3. Efektivitas LKPD Mitigasi Bencana Alam Berbasis PjBL-STEM ditinjau berdasarkan hasil uji *N-Gain*, uji beda rata-rata dan *effect size*. Hasil uji menyatakan bahwa terdapat peningkatan rata-rata *N-gain* yang signifikan baik pada kemampuan *self awareness* dan *creative problem solving*. Selain itu, penggunaan LKPD Mitigasi Bencana Alam Berbasis PjBL-STEM memiliki pengaruh yang terkategori sedang baik pada kemampuan *self awareness* dan *creative problem solving*. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa LKPD Mitigasi Bencana Alam Berbasis PjBL-STEM dinyatakan efektif dalam meningkatkan kemampuan *self awareness* dan *creative problem solving* peserta didik

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dipaparkan, peneliti memberikan saran sebagai berikut.

1. Guru atau peneliti selanjutnya dapat mengembangkan sensor mitigasi sederhana pada bencana alam yang lain dengan menggunakan Micro:Bit seperti sensor bencana angin topan, sensor polusi udara, dan sensor gempa.
2. Guru atau peneliti selanjutnya dapat menggunakan Micro:Bit untuk kebutuhan topik pembelajaran fisika yang lain seperti sensor gerak dapat digunakan pada topik kinematika, dinamika, getaran dan gelombang, sensor medan magnet dapat digunakan pada topik kemagnetan, dan sensor cahaya dapat digunakan pada topik optik.
3. Guru atau peneliti selanjutnya dianjurkan untuk mencoba setiap *coding* yang akan ditugaskan kepada peserta didik dapat berfungsi sesuai keinginan atau tidak. Selain itu, dianjurkan juga untuk mencari referensi tutorial yang menjelaskan proses *coding* hingga perakitan sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, I. D. G., Suardana, I. N., & Rapi, N. K. (2022). E-Modul IPA dengan Model STEM-PjBL Berorientasi Pendidikan Karakter untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Imiah Pendidikan Dan Pembelajaran*, 6(1), 120–133.
- Agustini, M. P., Meilinda, M., Aisyah, N., Ismet, I., & Sriyanti, I. (2022). Pemahaman Guru IPA Pra Jabatan Terhadap Mitigasi dan Isu Perubahan Iklim. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 6(1), 11–19.
- Akhsan H., Syuhendri, Sudirman, Ariska, M. & Pratiwi, S. M. V. (2016). Pelatihan Pembuatan LKPD Brbasis Projek untuk Topik Pemanasan Global dan Perubahan Iklim untuk Gur Fisika MGMP Kabupaten Ogan Ilir. *Jurnal Pendidikan Dan Pengabdian Masyarakat*, 5(4), 1–23.
- Alatas, F., & Fauziah, L. (2020). Model problem based learning untuk meningkatkan kemampuan literasi sains pada konsep pemanasan global. *JIPVA (Jurnal Pendidikan IPA Veteran)*, 4(2), 102-113.
- Al-Alwan, A. F., & Mahasneh, A. M. (2014). Teachers' self-efficacy as determinant of students' attitudes toward school: A study at the school level. *Review of European Studies*, 6(1), 171–179.
<https://doi.org/10.5539/res.v6n1p171>
- Anggriani, F., Wijayati, N., Susatyo, E. B., & Kharomah, D. (2019). Pengaruh Project-Based Learning Produk Kimia Terhadap Pemahaman Konsep Dan Keterampilan Proses Sains Siswa Sma. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 13(2), 2404–2413.
- Arikunto, S. (2011). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Bumi Aksara. 413 hlm
- Aristiadi, H. (2019). Pengaruh Penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik (Lkpd) Berbasis Projek terhadap Hasil Belajar Peserta Didik pada Konsep Pemanasan Global. *Bioedusiana*, 4(2), 77–84.
<https://doi.org/10.34289/277886>
- Astuti, R. (2015). Meningkatkan Kreativitas Siswa Dalam Pengolahan Limbah Menjadi Trash Fashion Melalui PjBL. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 8(2), 37–41. <https://doi.org/10.20961/bioedukasi-uns.v8i2.3872>

- Austin, J., Baker, H., Ball, T., Devine, J., Finney, J., De Halleux, P., Hodges, S., Moskal, M., & Stockdale, G. (2020). The BBC micro: bit: from the UK to the world. *Communications of the ACM*, 63(3), 62–69.
- Azizha, N., Sihombing, P., Rahmad, R., Suib, S., Nurman, A., Syahrial, Kosim, Gunada, I. W., Utari, L. P., Pinontoan, N. A., Wahid, U., Rahmaniah, & Isnaini, R. (2021). Model Pembelajaran Mitigasi Bencana Tanah Longsor. *ORBITA. Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 6(2), 1–10.
- Bacanlı, H., Dombaycı, M. A., Demir, M., & Tarhan, S. (2011). Quadruple thinking: Creative thinking. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 12(2), 536–544.
- Bakri, M. A. (2018). Studi Awal Implementasi Internet Of Things Pada Bidang Pendidikan. *JREC (Journal of Electrical and Electronics)*, 4(1), 18–23. <https://doi.org/10.33558/jrec.v4i1.565>
- Baran, M., Baran, M., Karakoyun, F., & Maskan, A. (2021). The Influence of Project-Based STEM (PjBL-STEM) Applications on the Development of 21st-Century Skills. *Journal of Turkish Science Education*, 18(4), 798–815. <https://doi.org/10.36681/tused.2021.104>
- Batong, J. S. T., & Wilujeng, I. (2018). Developing Web-Students' Worksheet Based on Inquiry Training for Increase Science Literacy. *Journal of Physics: Conference Series*, 1097(1), 1–9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1097/1/012021>
- Beier, M. E., Kim, M. H., Saterbak, A., Leautaud, V., Bishnoi, S., & Gilberto, J. M. (2019). The effect of authentic project-based learning on attitudes and career aspirations in STEM. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(1), 3–23. <https://doi.org/10.1002/tea.21465>
- Bhakti, Y. B., Astuti, I. A. D., Okyranida, I. Y., Asih, D. A. S., Marhento, G., Leonard, L., & Yusro, A. C. (2020). Integrated STEM Project Based Learning Implementation to Improve Student Science Process Skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1464(1), 1–9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1464/1/012016>
- Brandhofer, G. (2021). The Micro : Bit And Computational Thinking . Evaluation Results Of A Computational Project. *International Conferences Mobile Learning*, 1(1), 57–64.
- Brophy, D. R. (1998). Understanding, measuring, and enhancing collective creative problem-solving efforts. *Creativity Research Journal*, 11(3), 199–229. https://doi.org/10.1207/s15326934crj1103_2
- Buragohain, D., Punpeng, G., Jaratjarungkiat, S., & Chaudhary, S. (2023). Impact of E-Learning Activities on English as a Second Language Proficiency

- among Engineering Cohorts of Malaysian Higher Education: A 7-Month Longitudinal Study. *Informatics*, 10(1), 31–41.
<https://doi.org/10.3390/informatics10010031>
- Carlina, E., & Djukri. (2018). Science Project-based Learning Integrated with Local Potential to Promote Student's Environmental Literacy Skills. *Advanced Journal of Social Science*, 4(1), 1–7.
<https://doi.org/10.21467/ajss.4.1.1-7>
- Carstens, K. J., Mallon, J. M., Bataineh, M., & Al-Bataineh, A. (2021). Effects of Technology on Student Learning. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 20(1), 105–113.
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1290791.pdf>
- Cheshmehzangi, A. (2020). The Analysis of Global Warming Patterns from 1970s to 2010s. *Atmospheric and Climate Sciences*, 10(03), 392–404.
<https://doi.org/10.4236/acs.2020.103022>
- Cunningham, W. P., & Cunningham, M. A. (2010). *Environmental Science A Global Concern (Eleventh)*. Mc Graw Hill Companies, New York. 640 hlm
- Dania, S. E. R., & Taufiq, M. (2021). Development of Learning Tools Experiential Model Exploring the Surrounding Nature to Improve Generic Science Skills of Junior High School Students. *Journal of Environmental and Science Education*, 1(2), 1–10. <https://doi.org/10.15294/jese.v1i2.46705>
- Davy Tsz Kit, N. G., Luo, W., Chan, H. M. Y., & Chu, S. K. W. (2022). Using digital story writing as a pedagogy to develop AI literacy among primary students. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3(2), 1–14.
<https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100054>
- Devine, J., Moskal, M., de Halleux, P., Ball, T., Hodges, S., D'Amone, G., Gakure, D., Finney, J., Underwood, L., & Hartley, K. (2022). Plug-and-play physical computing with Jacdac. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 6(3), 1–30.
- Downes, S. (2012). *Connectivism and Connective Knowledge: essays on meaning and learning networks*. National Research Council Canada, Canada. 606 hlm
- Dunaway, M. K. (2011). Connectivism: Learning theory and pedagogical practice for networked information landscapes. *Reference Services Review*, 39(4), 675–685. <https://doi.org/10.1108/00907321111186686>
- Edwards, J., Ditton, J., Trninic, D., Swanson, H., Sullivan, S., & Mano, C. (2020). Syntax exercises in CS1. In *Proceedings of the 2020 ACM Conference on International Computing Education Research*. 216-226.
- Ekasari, R. R., Gunawan, G., & Sahidu, H. (2017). Pengaruh Model Pembelajaran Langsung Berbantuan Media Laboratorium Terhadap Kreatifitas Fisika

- Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 2(3), 106–110.
<https://doi.org/10.29303/jpft.v2i3.296>
- Erlina, N. (2021). Kesiapan Calon Guru IPA dalam Pengembangan Rencana Pembelajaran Berbasis Education for Sustainable Development. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sains Indonesia (JPPSI)*, 4(2), 142–150.
<https://doi.org/10.23887/jppsi.v4i2.39740>
- Fadil, K., Amran, & Alfaien, N. I. (2023). eningkatan Kualitas Pendidikan Dasar Melalui Implementasi Kurikulum Merdeka Belajar Dalam Mewujudkan Suistanable Developments Goal's. *Journal of Elementary Education*, 7(2), 1–15.
- Fahrurrozi, M., & Mohzana, Z. (2020). *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Tinjauan Teoretis dan Praktik*. Universitas Hamzanwadi Press, Selong Lombok Timur. 148 hlm.
- 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), 1–13.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012058>
- Fernandez, B.,D., Gonzalez, M., Gil, D., & Luján-Mora, S. (2020). Text mining of open-ended questions in self-assessment of university teachers: An LDA topic modeling approach. *Ieee Access*, 8(1), 35318-35330.
- Goleman, D. (2000). *Emotional Intelligence*. Gramedia Pustaka Umum, Jakarta. 497 hlm
- Gurova, O., Merritt, T. R., Papachristos, E., & Vaajakari, J. (2020). Sustainable solutions for wearable technologies: Mapping the product development life cycle. *Sustainability (Switzerland)*, 12(20), 1–26.
<https://doi.org/10.3390/su12208444>
- Guyen, I., & Alpaslan, B. (2022). Investigation of the Effects of Interdisciplinary Science Activities on 5th Grade Students' Creative Problem Solving and 21st Century Skills. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 21(1), 80–96.
- Habib, M., Naqi, S. M. A., & Ali, M. (2023). Emotional Intelligence: Understanding, Assessing, and Cultivating the Key to Personal and Professional Success. *Sir Syed Journal of Education & Social Research*, 6(2), 50–55.
- Halfacree, G. (2017). *The official BBC Micro: bit user guide*. John Wiley & Sons, New York. 294 hlm
- Handayani, K., Mariani, S., & Asikin, M. (2021). Mathematics Communication

Skill Seen from Self Efficacy on Project Based Learning Model with Realistic Approach Assisted by Web-Video. *Unnes Journal of Mathematics Education Research*, 10(2), 105–111.
<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujmer>

- Hanik, N. R., & Harsono, S. (2020). Implementasi Model Pembelajaran Komparasi yang Diintegrasikan dengan Pendekatan Kolaboratif Ditinjau dari Kemampuan Analisis Mahasiswa Implementation of a Comparative Learning Model which is Integrated with a Collaborative Approach in terms of Student ' s. *Jurnal Komunikasi Pendidikan*, 4(2), 114–122.
<https://doi.org/10.32585/jkp.v4i2.681>
- Harris, J., Mishra, P., & Koehler, M. (2009). Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration refrained. *Journal of Research on Technology in Education*, 41(4), 393–416. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782536>
- Hartini, A. (2017). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Model Project Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *ELSE (Elementary School Education Journal): Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sekolah Dasar*, 1(2), 6–16.
- Hidayati, B. N., & Zulandri, Z. (2021). Efektifitas LKPD Elektronik sebagai Media Pembelajaran pada Masa Pandemi Covid-19 untuk Guru di YPI Bidayatul Hidayah Ampenan. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(2), 25–30.
- Hudesman, J., Crosby, S., Flugman, B., Issac, S., Everson, H., & Clay, D. B. (2013). The SRL Component of Formative Assessment. *Journal of Developmental Education*, 4(7), 1–12. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1067283>
- Herayanti, L., Widodo, W., Susantini, E., & Gunawan, G. (2020). The effectiveness of blended learning model based on inquiry collaborative tutorial toward students' problem-solving skills in physics. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(3), 959-972.
- Izzah, N., & Mulyana, V. (2021). Meta analisis pengaruh integrasi pendidikan STEM dalam model project based learning terhadap hasil belajar siswa. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 7(1), 65–76.
- Jaharudin, Eriyanti, R. W., & Hudha, A. M. (2023). Studi Kasus Kesadaran Lingkungan: Model Pembelajaran PjBL Bermuatan Saintifik Pada Mata Kuliah Pengetahuan Lingkungan di Unimuda Sorong. *Biolearning Journal*, 10(2), 60–67. <https://unimuda.e-journal.id/jurnalbiolearning/article/view/4856>
- Jailungka, P., Charoenseang, S., & Thammatinno, C. (2020). Augmented reality and microbit for project-based learning. *Virtual, Augmented and Mixed Reality. Industrial and Everyday Life Applications: 12th International*

Conference, 219–235.

- Jauhari, T., Rosyidi, A. H., & Sunarlijah, A. (2023). Pembelajaran dengan Pendekatan TaRL untuk Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar Matematika Peserta Didik. *Jurnal PTK Dan Pendidikan*, 9(1), 67–77.
- Jollands, M., & Parthasarathy, R. (2013). Developing engineering students' understanding of sustainability using project based learning. *Sustainability (Switzerland)*, 5(12), 5052–5066. <https://doi.org/10.3390/su5125052>
- Kalelioglu, F., & Sentance, S. (2020). Teaching with physical computing in school: the case of the micro:bit. *Education and Information Technologies*, 25(4), 2677–2603. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-10080-8>
- Kardoyo, Nurkhin, A., Muhsin, & Pramusinto, H. (2020). Problem-based learning strategy: Its impact on students' critical and creative thinking skills. *European Journal of Educational Research*, 9(3), 1141–1150. <https://doi.org/10.12973/EU-JER.9.3.1141>
- Kelly, C. L., Crawford, T. J., Gowen, E., & Richardson, K. (2017). A temporary deficiency in self-control : Can heightened motivation overcome this effect ? *Psychophysiology*, 54(5), 773–779. <https://doi.org/10.1111/psyp.12832>
- Kim, E. (2018). Qualitative research on the improvement effects of self-directed learning and creative problem solving abilities through project-based learning of graduate students in education. *The Journal*, 24(1), 53–78.
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools. SAGE Journals*, 19(3), 267–277. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1365480216659733>
- Laboy-Rush, D. (2010). Integrated STEM education through game-based learning. *Learnine*, 4(2), 2238–2242. <https://doi.org/10.51272/pmena.42.2020-381>
- Lathifah, M. F., Hidayati, B. N., & Zulandri. (2021). Efektifitas LKPD Elektronik sebagai Media Pembelajaran pada Masa Pandemi Covid-19 untuk Guru di YPI Bidayatul Hidayah Ampenan. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(1), 25–30. <https://doi.org/10.36312/jupe.v4i4.995>
- Lee, C.-D. (2014). Worksheet Usage, Reading Achievement, Classes' Lack of Readiness, and Science Achievement: A Cross-Country Comparison. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 2(2), 96–106. <https://doi.org/10.18404/ijemst.38331>
- Li, M., Yu, F. R., Si, P., Wu, W., & Zhang, Y. (2020). Resource optimization for delay-tolerant data in blockchain-enabled IoT with edge computing: A deep reinforcement learning approach. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(10),

9399–9412.

- Lousado, J. P., & Antunes, S. (2020). Monitoring and support for elderly people using lora communication technologies: Iot concepts and applications. *Future Internet*, 12(11), 1–30. <https://doi.org/10.3390/fi12110206>
- Lu, S. Y., Lo, C. C., & Syu, J. Y. (2022). Project-based learning oriented STEAM: the case of micro-bit paper-cutting lamp. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(5), 2553–2575. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09714-1>
- Makrufi, A., Hidayat, A., & Muhardjito, M. (2018). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Proyek terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Pokok Bahasan Fluida Dinamis. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 3(7), 878–881. <http://journal.um.ac.id/index.php/jptpp/article/view/11291/5386>
- Maier, D., Waldherr, A., Miltner, P., Wiedemann, G., Niekler, A., Keinert, A., ... & Adam, S. (2021). Applying LDA topic modeling in communication research: Toward a valid and reliable methodology. *Computational methods for communication science*. 12 (2),13-38.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13(2), 125–139. [https://doi.org/10.1016/s0959-4752\(02\)00016-6](https://doi.org/10.1016/s0959-4752(02)00016-6)
- Meita, L., Furi, I., Handayani, S., & Maharani, S. (2018). Eksperimen Model Pembelajaran Project Based Learning Dan Project Based Learning Terintegrasi Stem Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Dan Kreativitas Siswa Pada Kompetensi Dasar Teknologi Pengolahan Susu. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 35(1), 49–60. <https://doi.org/10.15294/jpp.v35i1.13886>
- Mirfaka, A., Kumala, F. N., & Sriatun, S. (2023). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis dan Sikap Kreatif Siswa Kelas V Melalui Model Pembelajaran PjBL-STEM Berbantuan Media Aplikasi Belajar Siklus Air (ABSA) pada Mata Pelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Jurnal Pembelajaran, Bimbingan, Dan Pengelolaan Pendidikan*, 3(7), 637–652.
- Morin, A. (2011). Self-awareness part 1: Definition, measures, effects, functions, and antecedents. *Social and Personality Psychology Compass*, 5(10), 807–823. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2011.00387.x>
- Mudana, I. N. O., Dharsana, I. K., & Suranata, K. (2014). Penerapan konseling gestalt dengan teknik reframing untuk meningkatkan kesadaran diri dalam belajar siswa kelas VIII A1 SMP Negeri 4 Singaraja tahun ajaran 2013/2014. *Undiksha Jurusan Bimbingan Konseling*, 2(1), 1–11. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JJBK/article/view/3922>

- Mundilarto, M., & Kuswanto, H. (2017). Pengembangan Panduan Praktikum Fisika Berbasis Inkuiri Untuk Mengembangkan Keterampilan Berpikir Siswa SMA. *Jurnal Inovasi Dan Pembelajaran Fisika*, 4(1), 91–99.
- Mustofa, M., & Handini, O. (2023). Implementasi Tanggap Wilayah dalam Mitigasi Bencana Gunung Api di Sekolah Dasar. *International Journal of Community Service Learning*, 7(2). 23-33.
- Nu'man, M. (2019). Self Awareness Siswa Madrasah Aliyah dalam Pembelajaran Matematika. *Jurnal Pengembangan Pembelajaran Matematika*, 1(1), 51–58. <https://doi.org/10.14421/jppm.2019.11.51-58>
- Nurahman, A., Widodo, W., Ishafit, I., & Saulon, B. O. (2019). The Development of Worksheet Based on Guided Discovery Learning Method Helped by PhET Simulations Interactive Media in Newton's Laws of Motion to Improve Learning Outcomes and Interest of Vocational Education 10th Grade Students. *Indonesian Review of Physics*, 1(2), 1–37. <https://doi.org/10.12928/irip.v1i2.776>
- Nursyam, A. (2019). Peningkatan Minat Belajar Siswa Melalui Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi. *Ekspose: Jurnal Penelitian Hukum Dan Pendidikan*, 18(1), 811–819. <https://doi.org/10.30863/ekspose.v18i1.371>
- Peranginangin, S. A., Saragih, S., & Siagian, P. (2019). Development of Learning Materials through PBL with Karo Culture Context to Improve Students' Problem Solving Ability and Self-Efficacy. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 14(2), 265–274. <https://doi.org/10.29333/iejme/5713>
- Prastowo, A. (2011). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Diva Press, Yogyakarta. 419 hlm
- Pratama, S. H. H., Arifin, R. A., & Widianingsih, A. W. S. (2020). The use of youtube as a learning tool in teaching listening skill. *International Journal of Global Operations Research*, 1(3), 123–129.
- Purwaningsih, E., Sari, S. P., Sari, A. M., & Suryadi, A. (2020). The effect of stem-pjbl and discovery learning on improving students' problem-solving skills of the impulse and momentum topic. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(4), 465–476. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i4.26432>
- Rahmah, D. M. (2022). Perubahan Iklim Dalam Pendidikan IPA Berkelanjutan. *Jurnal Sains Edukatika Indonesia (JSEI)*, 4(2), 12–22.
- Rahmania, I. (2021). Project Based Learning (PjBL) Learning Model with STEM Approach in Natural Science Learning for the 21st Century. *Budapest International Research and Critics Institute (BIRCI-Journal): Humanities and Social Sciences*, 4(1), 1161–1167.

<https://doi.org/10.33258/birci.v4i1.1727>

- Rahmawati, L. H., & Wulandari, S. S. (2020). Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) Berbasis Scientific Approach Pada Mata Pelajaran Administrasi Umum Semester Genap Kelas X OTKP di SMK Negeri 1 Jombang. *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran (JPAP)*, 8(3), 504–515. <https://doi.org/10.26740/jpap.v8n3.p504-515>
- Ratu, T., Sari, N., Mukti, W. A. H., & Erfan, M. (2021). Efektivitas Project Based Learning Terhadap Efikasi Diri dan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Konstan - Jurnal Fisika Dan Pendidikan Fisika*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.20414/konstan.v6i1.74>
- Ratumanan, G. T., & Laurens, T. (2006). *Evaluasi hasil yang relevan dengan memecahkan problematika belajar dan mengajar*. Afabeta, Bandung. 207 hlm.
- Rochat, P. (2003). Five levels of self-awareness as they unfold early in life. *Consciousness and Cognition*, 12(4), 717–731. [https://doi.org/10.1016/S1053-8100\(03\)00081-3](https://doi.org/10.1016/S1053-8100(03)00081-3)
- Romine, W., Sadler, T. D., Presley, M., & Klosterman, M. L. (2014). Student interest in technology and science (SITS) survey: Development, validation, and use of a new instrument. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12, 261–283.
- Rusmansyah, R., Yuanita, L., Ibrahim, M., Isnawati, I., & Prahani, B. K. (2019). Innovative chemistry learning model: Improving the critical thinking skill and self-efficacy of pre-service chemistry teachers. *JOTSE: Journal of Technology and Science Education*, 9(1), 59–76.
- Samsudin, M. A., Jamali, S. M., Zain, A. N. M., & Ebrahim, N. A. (2020). The effect of STEM project based learning on self-efficacy among high-school physics students. *Journal of Turkish Science Education*, 17(1), 94–108. <https://doi.org/10.36681/tused.2020.15>
- Saputro, A. D., Atun, S., Wilujeng, I., Ariyanto, A., & Arifin, S. (2020). Enhancing Pre-Service Elementary Teachers' Self-Efficacy and Critical Thinking Using Problem-Based Learning. *European Journal of Educational Research*, 9(2), 765–773.
- Septian, R., Irianto, S., & Andriani, A. (2019). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Matematika Berbasis Model Realistic Mathematics Education. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, 5(1), 59–67.
- Siemens, G., Onderwijsdagen, S., Age, D., Design, E., Downes, S., & Verhagen, P. (2005). Connectivism : a new learning theory ? *Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), 1–5. <http://elearning.surf.nl/e-learning/english/3793>

- Silaban, B. (2014). Hubungan Antara Penguasaan Konsep Fisika Dan Kreativitas Dengan Kemampuan Memecahkan Masalah Pada Materi Pokok Listrik Statis. *Jurnal Penelitian Bidang Pendidikan*, 20(1), 65–75.
- Škėrienė, S., & Jucevičienė, P. (2020). Problem solving through values: A challenge for thinking and capability development. *Thinking Skills and Creativity*, 37(1), 71–81.
- Solihin, A., Wibowo, F. C., & Astra, I. M. (2021). Review of trends project based learning (PjBL) integrated STEM in physics learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 6(1), 1–9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2019/1/012031>
- Sugrah, N. U. (2020). Implementasi teori belajar konstruktivisme dalam pembelajaran sains. *Humanika*, 19(2), 121–138. <https://doi.org/10.21831/hum.v19i2.29274>
- Sukmasari, V. P., & Rosana, D. (2017). Pengembangan penilaian proyek pembelajaran IPA berbasis discovery learning untuk mengukur keterampilan pemecahan masalah. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 3(1), 101–111. <https://doi.org/10.21831/jipi.v3i1.10468>
- Susanty, S. (2020). Inovasi Pembelajaran Daring Dalam Merdeka Belajar. *Jurnal Ilmiah Hospitality*, 9(2), 157–166. <https://doi.org/10.47492/jih.v9i2.289>
- Syafira, A., & Effendi, E. (2020). Pengembangan LKPD Terintegrasi STEM-PBL (Science, Technology, Engineering, and Mathematics - Problem Based Learning) Pada Materi Hidrolisis Garam. *Entalpi Pendidikan Kimia*, 1(1), 63–70. <https://doi.org/10.24036/epk.v1i1.56>
- Szabo, Z. K., Körtesi, P., Guncaga, J., Szabo, D., & Neag, R. (2020). Examples of problem-solving strategies in mathematics education supporting the sustainability of 21st-century skills. *Sustainability (Switzerland)*, 12(23), 1–28. <https://doi.org/10.3390/su122310113>
- Tamrakar, A., Shukla, A., Kalifullah, A., Reegu, F., & Shukla, K. (2022). extended review on internet of things (IoT) and its characterisation. *Int. J. Health Sci*, 10(3), 8490–8500.
- Tan, A. L., Gillies, R., & Jamaludin, A. (2021). A case study: Using a neuro-physiological measure to monitor students' interest and learning during a micro:Bit activity. *Education Sciences*, 11(8).1-14 <https://doi.org/10.3390/educsci11080379>
- Tanjung, R., Dalimunthe, E. M., Ramadhini, F., & Sari, D. M. (2021). Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Meningkatkan Kepedulian Siswa terhadap Lingkungan pada Pembelajaran IPS Kelas IV B MI Panyabungan. *ITTIHAD-Jurnal Pendidikan*, 5(1), 93–97.

- Taraju, A. R., Nurdin, N., & Pettalongi, A. (2022). Tantangan dan Strategi Guru Menghadapi Era Revolusi Industri. 4.0. *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, 5(1), 311–316.
- Teiermayer, A. (2019). Improving students' skills in physics and computer science using BBC Micro:bit. *Prosiding Physics Education*, 1–9.
- Thiagarajan sivasailam, Dorothy S. Semmel, M. I. S. (1976). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. Indiana Univ., Bloongton. 195 hlm
- Treffinger, D. J., & Isaksen, S. G. (2005). Creative problem solving: The history, development, and implications for gifted education and talent development. *Gifted Child Quarterly*, 49(4), 342–353.
- Triana, D., Anggraito, Y. U., & Ridlo, S. (2020). Effectiveness of Environmental Change Learning Tools Based on STEM-PjBL Towards 4C Skills of Students. *JISE*, 9(2), 181–187. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jise>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st Century Skills, Enhanced Edition: Learning for Life in Our Times*. Jossey Bass Wiley, New York. 256 hlm
- Tseng, H. M., Li, C. L., Tseng, R. F., & Lee, S. J. (2006). The effectiveness of an aerobic exercise intervention on worksite health-related physical fitness - A case in a high-tech company. *Chang Gung Medical Journal*, 29(1), 100–106.
- Ulandari, L., Amry, Z., & Saragih, S. (2019). Development of Learning Materials Based on Realistic Mathematics Education Approach to Improve Students' Mathematical Problem Solving Ability and Self-Efficacy. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 14(2), 375–383. <https://doi.org/10.29333/iejme/5721>
- Wan, T. K. (2021). *Effects of Extra-Curricular Project-Based Learning Experiences on Self-Efficacy and Interest in STEM Fields in High School* (Disertasi). San Jose State University. 187 p.
- Wardhana, W. A. (2010). *Dampak pemanasan global: bencana mengancam umat manusia: sebab, akibat, dan usaha penanggulangannya*. Penerbit Andi, Yogyakarta. 190 hlm
- Wibowo, H. (2020). *Pengantar Teori-teori belajar dan Model-model pembelajaran*. Puri cipta media, Yogyakarta. 228 hlm
- Wlodkowski, R. J. (1993). *Enhancing adult motivation to learn*. Jossey-Bass San Francisco, San Francisco. 512 hlm
- Yazar Soyadı, B. B. (2015). Creative and Critical Thinking Skills in Problem-based Learning Environments. *Journal of Gifted Education and Creativity*, 2(2), 71–71. <https://doi.org/10.18200/jgedc.2015214253>

Zubaidah, S., Fuad, N. M., Mahanal, S., & Suarsini, E. (2017). Improving creative thinking skills of students through Differentiated Science Inquiry integrated with mind map. *Journal of Turkish Science Education*, 14(4), 77–91.
<https://doi.org/10.12973/tused.10214a>