

**PENGARUH MODEL *PROBLEM BASED LEARNING* TERINTEGRASI
STEM BERBANTUAN *E-BOOKLET* TERHADAP KEMAMPUAN
PEMECAHAN MASALAH DAN KOLABORASI
PESERTA DIDIK**

(Skripsi)

**Oleh
ELCHA WAHYU DENNISA**



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

2025

ABSTRAK

PENGARUH MODEL *PROBLEM BASED LEARNING* TERINTEGRASI STEM BERBANTUAN *E-BOOKLET* TERHADAP KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH DAN KOLABORASI PESERTA DIDIK

Oleh

ELCHA WAHYU DENNISA

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model *Problem Based Learning* (PBL) terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet* terhadap kemampuan pemecahan masalah dan keterampilan kolaborasi peserta didik pada materi perubahan iklim. Metode yang digunakan adalah quasi eksperimen dengan desain *pretest-posttest nonequivalent control group*, melibatkan peserta didik kelas X di MAN 2 Bandar Lampung. Instrumen penelitian mencakup tes uraian untuk kemampuan pemecahan masalah, lembar observasi kolaborasi, dan angket tanggapan peserta didik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model PBL terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet* memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kemampuan pemecahan masalah, dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,69 (kategori sedang) pada kelompok perlakuan dan 0,39 (kategori rendah) pada kelompok pembandingan. Uji-t menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan nilai Sig. (2-tailed) sebesar $0,01 < 0,05$, ditinjau dari indikator memahami masalah, merumuskan masalah, melaksanakan strategi, dan mengecek kembali. Keterampilan kolaborasi juga meningkat secara lebih baik pada kelompok yang menggunakan model pembelajaran tersebut, ditinjau dari indikator partisipasi aktif, tanggung jawab, fleksibilitas, produktivitas, dan sikap saling menghargai. Hasil angket menunjukkan peserta didik memberikan tanggapan sangat positif terhadap pembelajaran yang diterapkan. Dengan demikian, penerapan model PBL terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet* terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan kolaborasi peserta didik.

Kata kunci: *problem based learning*, STEM, *e-booklet*, pemecahan masalah, kolaborasi

ABSTRACT**THE EFFECT OF THE E-BOOKLET ASSISTED STEM-INTEGRATED
PROBLEM-BASED LEARNING MODEL ON PROBLEM-SOLVING
AND COLLABORATION SKILLS LEARNERS****By****ELCHA WAHYU DENNISA**

This study aims to determine the influence of the Problem Based Learning (PBL) model of STEM integrated with the help of E-booklets on the problem-solving ability and collaboration skills of students on climate change materials. The method used was a quasi-experiment with a pretest-posttest nonequivalent control group design, involving class X students at MAN 2 Bandar Lampung. The research instruments include a description test for problem-solving skills, a collaborative observation sheet, and a student response questionnaire. The results showed that the E-booklet-assisted STEM integrated PBL model had a significant influence on improving problem-solving ability, with an N-Gain value of 0.69 (medium category) in the treatment group and 0.39 (low category) in the comparison group. The t-test showed a significant difference with the Sig. (2-tailed) value of $0.01 < 0.05$, reviewed from the indicators of understanding the problem, formulating the problem, implementing the strategy, and checking back. Collaboration skills also improved better in groups that used the learning model, judging from indicators of active participation, responsibility, flexibility, productivity, and mutual respect. The results of the questionnaire showed that students gave very positive responses to the learning applied. Thus, the application of the E-booklet-assisted STEM integrated PBL model has proven to be effective in improving students' problem-solving and collaboration skills.

Keywords: problem based learning, STEM, e-booklet, problem solving, collaboration

**PENGARUH MODEL *PROBLEM BASED LEARNING* TERINTEGRASI
STEM BERBANTUAN *E-BOOKLET* TERHADAP KEMAMPUAN
PEMECAHAN MASALAH DAN KOLABORASI
PESERTA DIDIK**

Oleh

ELCHA WAHYU DENNISA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PENDIDIKAN**

Pada

Program Studi Pendidikan Biologi

Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2025

Judul Skripsi

: Pengaruh Model *Problem Based Learning* Terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet* terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah dan Kolaborasi Peserta Didik

Nama Mahasiswa

: Elcha Wahyu Dennisa

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2113024053

Program Studi

: Pendidikan Biologi

Jurusan

: Pendidikan MIPA

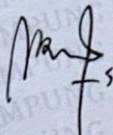
Fakultas

: Keguruan dan Ilmu Pendidikan

MENYETUJUI

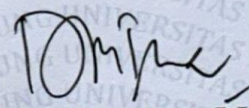
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1



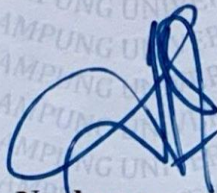
Berti Yolida, S.Pd., M.Pd.
NIP. 198310152006042001

Pembimbing 2



Dr. Dina Maulina, M.Si.
NIP. 198512032008122001

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA



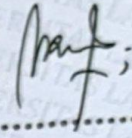
Dr. Nurhanurawati, M.Pd.
NIP. 196708081991032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

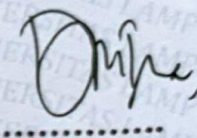
Ketua

: **Berti Yolida, S.Pd., M.Pd.**



Sekretaris

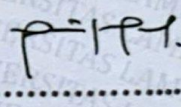
: **Dr. Dina Maulina, M.Si.**



Penguji

Bukan Pembimbing

: **Rini Rita T. Marpaung, S.Pd., M.Pd.**



2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd

NIP. 19870504 201404 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 11 Juni 2025

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Nama : Elcha Wahyu Dennisa

Nomor Pokok Mahasiswa : 2113024053

Program Studi : Pendidikan Biologi

Jurusan : Pendidikan MIPA

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi.

Sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya, maka saya bertanggung jawab sepenuhnya.

Bandar Lampung, 12 Juni 2025

Yang menyatakan



Elcha Wahyu Dennisa

NPM. 2113024053

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 13 Desember 2002 merupakan anak pertama dari dua bersaudara, putri dari Bapak Teguh Sutoro dengan Ibu Wahyu Ningrum. Penulis beralamat di Jalan Drs. Alimudin Umar, Kelurahan Campang Raya, Kecamatan Sukabumi, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Penulis mengawali pendidikan pada tahun 2007-2008 di TK Telkom School, SD Negeri 1 Rawa Laut (2009-2015), SMP Negeri 23 Bandar Lampung (2016-2018), SMA Negeri 1 Bandar Lampung (2019-2021).

Pada tahun 2021, penulis diterima dan terdaftar sebagai mahasiswa Pendidikan Biologi, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Pada tahun 2024, penulis melaksanakan program Kuliah Kerja Nyata (KKN Kampus Merdeka-Merdeka Belajar) dan Pengenalan Lingkungan Persekolahan (PLP) di Bandar Agung, Kecamatan Sragi, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif menjadi asisten praktikum Mata Kuliah Botani Tumbuhan Rendah pada tahun 2023. Pada tahun 2024, penulis tergabung sebagai mahasiswa Kampus Mengajar Angkatan 8 di SMP YPPL. Pada tahun 2025, penulis melakukan penelitian untuk menyelesaikan tugas akhir yaitu skripsi di MAN 2 Bandar Lampung.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(QS. Al- Baqaraah: 286)

"Dan barang siapa bersungguh-sungguh, maka Allah akan menunjukkan jalannya."

(QS. Al-Ankabut: 69)

“Belajarlah dari kemarin, hiduplah untuk hari ini, berharaplah untuk esok.”

(Albert Einstein)

“Life is tough, but so are you.”

(Taylor Swift)

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT. atas rahmat dan nikmat yang tak terhingga kepada penulis dalam mengerjakan skripsi ini, sehingga penulis sampai pada tahap ini.

Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya ini sebagai tanda bakti dan sayang yang tulus untuk orang-orang yang sangat berharga dalam hidup saya, kepada:

Orang Tuaku

Ayah (Teguh Sutoro) dan Ibu (Wahyu Ningrum)

Terima kasih atas motivasi, semangat, cinta, dan doa yang tidak pernah berhenti mengalir. Terima kasih telah percaya saat aku tak percaya diri, menyayangi tanpa syarat, dan menjadi alasan utama mengapa aku memilih untuk terus berjuang. Terima kasih atas segala bentuk dukungan terbaik yang tak terukur.

Adikku (Syifa Anugrah Pramesti)

Terimakasih karena selalu mendukungku, menjadi tempat berkeluh kesah dan bertukar cerita, yang membuatku ingin menjadi contoh yang lebih baik. Semoga kelak kamu bisa di titik ini, dengan langkah yang lebih kuat dan mimpi yang lebih tinggi.

Para Pendidik (Guru dan Dosen)

Terima kasih atas bimbingan, ilmu, dan nasihat yang telah memberikanku pembelajaran dan pengalaman yang sangat berharga selama menempuh pendidikan.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT. Tuhan YME atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Pengaruh Model Problem Based Learning Terintegrasi STEM berbantuan E-booklet terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah dan Kolaborasi Peserta Didik*”. Shalawat serta salam tak lupa penulis sanjung agungkan kepada Nabi Muhammad SAW. yang telah membawa manusia dari zaman kegelapan menuju ilmu pengetahuan. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana Pendidikan Biologi di Jurusan Pendidikan MIPA, Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung
2. Ibu Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan PMIPA FKIP Universitas Lampung
3. Ibu Rini Rita T. Marpaung, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi sekaligus dosen pembahas yang telah bersedia memberikan masukan dan saran perbaikan yang sangat berharga, sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik;
4. Ibu Berti Yolida, S.Pd., M.Pd., selaku dosen pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan perhatian, motivasi, serta saran dan masukan dalam proses penyelesaian skripsi ini;
5. Ibu Dr. Dina Maulina, M.Si., selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing, memberikan semangat, serta saran dan masukan;
6. Seluruh Dosen dan Staff Pendidikan Biologi atas ilmu dan juga motivasi yang telah diberikan;

7. Ibu Desti Ariyani S.Pd. selaku guru pengampu mata pelajaran IPA kelas X yang telah memberikan dukungan, serta siswa-siswi kelas X.B dan X.C atas kerjasama dalam membantu penulis selama melakukan penelitian;
8. Kepada diriku sendiri, yang telah semangat berjuang untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai, kamu hebat sudah sampai di titik ini;
9. Kepada seluruh keluarga yang telah memberikan semangat dan motivasi;
10. Sahabat seperjuanganku *BDL48* (Nanda Hasian, Flintia Riska Amelda, Renny Diah Puspita, Dinda Puspita Sari, & Zahra Dzaki Azbira), selalu memberikan semangat, bantuan dan dukungan selama masa perkuliahan;
11. Kepada teman-teman Pendidikan Biologi 2021 terkhusus kelas A (Amigos) yang telah memberikan berbagai cerita berkesan selama menjalani masa perkuliahan;
12. Kepada sahabatku Aulia Fidela Rimau, Atika Kamila Ananda, Aulia Ade Rahayu, dan Ade Clara Nurfitri Permata Sari, yang selalu mendengarkan keluh kesahku, selalu bersedia bertukar pikiran dan memberikan motivasi serta bantuan tiada henti;
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, namun telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga bantuan, bimbingan serta kontribusi yang telah diberikan kepada penulis dapat diberkati oleh Tuhan Yang Maha Esa. Besar harapan penulis semoga skripsi ini dapat berguna dan memberikan manfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 12 Juni 2025
Penulis

Elcha Wahyu Dennisa
NPM. 2113024053

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
1.5 Batasan Masalah.....	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Model <i>Problem Based Learning</i> (PBL) terintegrasi STEM.....	10
2.2 Kemampuan Pemecahan Masalah.....	18
2.3 Keterampilan Kolaborasi.....	20
2.4 <i>E-booklet</i>	22
2.5 Materi Perubahan Iklim.....	25
2.6 Kerangka Berpikir	28
2.7 Hipotesis Penelitian.....	30
III. METODE PENELITIAN	31
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.2 Populasi dan Sampel Penelitian	31
3.3 Desain Penelitian.....	31
3.4 Prosedur Penelitian.....	32
3.5 Jenis Data dan Teknik Pengumpulan Data.....	33

3.6 Uji Instrumen Penelitian.....	35
3.7 Teknik Analisis Data	36
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil Penelitian.....	40
4.2 Pembahasan	44
V. SIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 Simpulan.....	54
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Sintaks PBL	11
Tabel 2. Deskripsi Muatan STEM	13
Tabel 3. PBL terintegrasi STEM.....	17
Tabel 4. Keluasan dan Kedaalaman Materi Perubahan Iklim.....	26
Tabel 5. <i>Pretest-Posttest Control Group Design (Nonequivalent Control Group Desain)</i>	32
Tabel 6. Kisi-kisi Instrumen Kemampuan Kolaborasi Peserta Didik	34
Tabel 7. Interpretasi Lembar Angket Tanggapan Peserta Didik.....	35
Tabel 8. Kategori <i>N-Gain</i>	36
Tabel 9. Kriteria Keterampilan kolaborasi.....	37
Tabel 10. Klasifikasi Pernyataan Positif Negatif	37
Tabel 11. Kategori Persentase Angket Tanggapan	38
Tabel 12. Kemampuan pemecahan masalah	40
Tabel 13. Hasil Uji Statistik Kemampuan Pemecahan Masalah.....	41
Tabel 14. Uji <i>Effect Size</i> kemampuan pemecahan masalah	42
Tabel 15. Kemampuan Kolaborasi.....	43
Tabel 16. Hasil angket tanggapan peserta didik	44

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Bagan kerangka berpikir	29
Gambar 2. Hubungan antar variabel bebas dan terikat	30
Gambar 3. Hasil Rata-Rata <i>N-Gain</i> Kemampuan Pemecahan Masalah	42
Gambar 4. Jawaban <i>posttest</i> kelas eksperimen indikator memahami masalah	46
Gambar 5. Jawaban <i>posttest</i> kelas kontrol indikator memahami masalah	46
Gambar 6. Jawaban <i>posttest</i> kelas eksperimen indikator mengecek kembali	47
Gambar 7. Jawaban <i>posttest</i> kelas eksperimen indikator melaksanakan strategi	49
Gambar 8. Poster	50

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Alur Tujuan Pembelajaran.....	60
Lampiran 2. Modul Ajar Kelas Eksperimen	63
Lampiran 3. Modul Ajar Kelas Kontrol.....	71
Lampiran 4. Kisi-kisi Instrumen Keterampilan kolaborasi	75
Lampiran 5. Lembar Observasi Keterampilan kolaborasi	76
Lampiran 6. Angket Respon Peserta Didik.....	78
Lampiran 7. Rubrik Kisi-kisi <i>Pretest dan Posttest</i>	79
Lampiran 8. Soal <i>Pretest dan Posttest</i>	89
Lampiran 9. LKPD Kelas Eksperimen dan Kontrol	92
Lampiran 10. Tautan <i>E-booklet</i>	117
Lampiran 11. Hasil LKPD Pertemuan 1 Di Kelas Eksperimen	119
Lampiran 12. Hasil LKPD Pertemuan 2 Di Kelas Eksperimen	121
Lampiran 13. Hasil LKPD Pertemuan 1 Di Kelas Kontrol.....	123
Lampiran 14. Hasil LKPD Pertemuan 2 Di Kelas Kontrol.....	124
Lampiran 15. Hasil Tes Pemecahan Masalah di Kelas Eksperimen	125
Lampiran 16. Hasil Lembar Observasi Kemampuan Kolaborasi Kelas Kontrol.....	126
Lampiran 17. Tabulasi Nilai <i>Pretest</i> Kelas Eksperimen	127
Lampiran 18. Tabulasi Nilai Posttest Kelas Eksperimen.....	128
Lampiran 19. Tabulasi Nilai <i>Pretest</i> Kelas Kontrol.....	129
Lampiran 20. Tabulasi Nilai Posttest Kelas Kontrol	130
Lampiran 21. Hasil Lembar Observasi Kelas Eksperimen	131
Lampiran 22. Hasil Lembar Observasi Kelas Kontrol.....	132
Lampiran 23. Tabulasi Nilai Kemampuan Kolaborasi Kelas Eksperimen	133

Lampiran 24. Tabulasi Nilai Kolaborasi Kelas Kontrol	134
Lampiran 25. Hasil Uji Normalitas, Homogenitas, <i>Independent Sample T-Test</i> Kemampuan Pemecahan Masalah	135
Lampiran 26. Hasil Perhitungan Kemampuan Kolaborasi Kelas Eksperimen	137
Lampiran 27. Hasil Perhitungan Kemampuan Kolaborasi Kelas Kontrol.....	138
Lampiran 28. Hasil Uji Effect Size Kemampuan Pemecahan Masalah.....	139
Lampiran 29. Hasil Perhitungan Angket Tanggapan Peserta Didik	140
Lampiran 30. Dokumentasi Penelitian.....	143

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan di abad ke-21 mengalami perkembangan yang sangat cepat, sehingga banyak negara mulai melakukan perbaikan untuk meningkatkan kualitas disektor pendidikan. Kemajuan dan perkembangan IPTEK menuntut peserta didik untuk tidak hanya cerdas, namun juga memiliki keterampilan yang diperlukan untuk bertahan dan berkembang di dunia yang semakin kompleks. Keterampilan abad ke-21 meliputi berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, inovasi, komunikasi, dan kolaborasi (Hasanah et al., 2021). Berbagai keterampilan abad ke-21 harus diajarkan secara jelas melalui kegiatan pembelajaran. Salah satu keterampilan abad ke-21 yang harus dikuasai oleh peserta didik adalah kemampuan pemecahan masalah. Kemampuan pemecahan masalah menurut Simamora (2014) merupakan kemampuan yang ditunjukkan sejak mengenali masalah, menemukan alternatif solusi, memilih salah satu alternatif sebagai solusi, dan mengevaluasi jawaban yang telah diperoleh. Kemampuan pemecahan masalah merupakan suatu keterampilan dasar yang sangat dibutuhkan peserta didik, sebab keterampilan ini dapat membantu peserta didik dalam membuat keputusan yang tepat, cermat, sistematis, logis, dan dapat mempertimbangkan dari berbagai sudut pandang (Bahri et al., 2018).

Pemecahan masalah dalam pembelajaran sains telah menjadi fokus utama dalam berbagai penelitian, namun kemampuan pemecahan masalah peserta didik di Indonesia masih tergolong rendah. Hal ini diperkuat oleh hasil studi dari *Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)* melalui

Program PISA (*Programme for International Student Assessment*) tahun 2018, yang menunjukkan bahwa peserta didik Indonesia memperoleh skor di bawah rata-rata internasional. Dalam tes pemecahan masalah, skor matematika Indonesia hanya 379 dibandingkan dengan rata-rata global yaitu 489, skor sains sebesar 396 dengan rata-rata 489, dan skor membaca 371 dengan rata-rata 487. Kemampuan pemecahan masalah sangat penting bagi peserta didik dalam pembelajaran IPA, terutama untuk mengatasi permasalahan yang berhubungan dengan fenomena alam (Hariatik dan Sugiyarto, 2017). Selain kemampuan pemecahan masalah, keterampilan abad 21 lainnya yang harus dimiliki peserta didik adalah keterampilan kolaborasi. Keterampilan kolaborasi membantu peserta didik membangun hubungan yang baik dengan orang lain dalam satu kelompok untuk mencapai tujuan bersama. Kundariati, sebagaimana dikutip dalam Dhitasarifa (2023), menyatakan bahwa keterampilan kolaborasi sangat penting karena berperan sebagai jembatan yang menghubungkan teori dengan praktik, sehingga peserta didik tidak hanya menguasai konsep secara teoretis tetapi juga mampu menerapkannya dalam konteks nyata (Dhitasarifa, et al., 2023).

Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan di MAN 2 Bandar Lampung pada kelas X B, diperoleh data dari hasil tes pemecahan masalah peserta didik dalam bentuk essay dengan pemberian soal tentang perubahan iklim. Berdasarkan hasil observasi terhadap jawaban peserta didik mengenai tes kemampuan pemecahan masalah, pada indikator eksplorasi dan pemahaman, sebanyak 45,52% peserta didik mampu mengidentifikasi sumber utama masalah dan dampaknya, tetapi banyak yang masih kesulitan menjelaskan mekanisme dampak secara rinci. Pada indikator merepresentasikan dan merumuskan, sebanyak 25,74% peserta didik mampu menyajikan gambaran atau model masalah. Beberapa peserta didik mampu merinci alur proses secara jelas, tetapi banyak yang hanya memberikan informasi secara umum tanpa struktur atau analisis yang memadai. Dalam indikator perencanaan dan pelaksanaan, sekitar 20,31% peserta didik dapat merancang solusi terstruktur, dengan jawaban lain

berupa langkah-langkah umum tanpa rincian, mengisyaratkan kurangnya kemampuan pemecahan masalah. Pada indikator refleksi, hanya 15,82% peserta didik yang berhasil memahami dan mengaitkan faktor-faktor kompleks yang berkontribusi pada keberhasilan kebijakan lingkungan, selain itu terdapat kekurangan dalam mengevaluasi strategi dan hanya memberikan refleksi dangkal.

Hasil wawancara dengan salah satu guru menyatakan bahwa kemampuan pemecahan masalah peserta didik belum pernah diukur. Hal ini disebabkan karena guru masih belum paham bagaimana cara untuk mengukur kemampuan tersebut karena terdapat beberapa kendala seperti pembelajaran di kelas masih menggunakan metode ceramah. Kurangnya efisiensi waktu juga menyebabkan guru masih jarang menggunakan model pembelajaran yang dapat mengukur kemampuan pemecahan masalah peserta didik. Media pembelajaran yang digunakan di kelas adalah buku cetak, LKS, dan *powerpoint*. Hal ini dapat menjadi salah satu faktor yang menyebabkan pembelajaran menjadi hanya berfokus kepada satu sumber dan menyebabkan kurangnya keterlibatan peserta didik secara aktif dalam penguasaan konsep dan penemuan solusi sains, sehingga diperlukan media tambahan yang menarik agar dapat menunjang peserta didik dalam penguasaan konsep dan penemuan solusi sains. Secara keseluruhan, peserta didik MAN 2 Bandar Lampung belum sepenuhnya mencapai tingkat kompetensi yang diharapkan dalam pemecahan masalah peserta didik melalui pendekatan pembelajaran yang lebih mendalam dan terstruktur sesuai dengan indikator PISA. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik di MAN 2 Bandar Lampung.

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan, pembelajaran biologi memiliki keterkaitan erat dengan pengembangan kemampuan pemecahan masalah dan kolaborasi, karena materi yang diajarkan mendorong peserta didik untuk berpikir kritis dalam menghadapi permasalahan nyata seperti perubahan iklim dan pemanasan global (Agnesa & Rahmadana, 2018). Dampak perubahan iklim ini sangat signifikan, mencakup pencairan es kutub, peningkatan suhu lautan,

kekeringan, banjir, dan kerusakan ekosistem seperti *coral bleaching*, yang mengancam kehidupan negara-negara pesisir, terutama di kawasan Asia Tenggara, termasuk Indonesia (Legionosuko et al., 2019). Indonesia, sebagai negara kepulauan tropis yang sangat rentan, menghadapi risiko banjir yang dapat mengganggu infrastruktur perkotaan dan ketahanan pangan di pedesaan akibat rusaknya lahan pertanian. Peningkatan permukaan air laut yang diperkirakan mencapai 25 hingga 95 cm dalam 100 tahun terakhir, sebagaimana diungkapkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007), semakin memperparah risiko ini. Untuk menghadapi tantangan tersebut, diperlukan strategi ketahanan nasional yang memanfaatkan sumber daya alam dan manusia, serta peran pemerintah dalam meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat melalui komunikasi risiko, pengendalian emisi Gas Rumah Kaca (GRK), dan kebijakan mitigasi perubahan iklim (Patrianti et al., 2020).

Pengembangan keterampilan pemecahan masalah pada pembelajaran biologi dapat dilakukan dengan berbagai model pembelajaran, salah satunya adalah *Problem Based Learning* (PBL). PBL adalah model pembelajaran yang menggunakan permasalahan nyata dalam kehidupan sehari-hari untuk mengembangkan keterampilan penyelesaian masalah, perencanaan, berpikir kritis, pengambilan keputusan, manajemen waktu, dan kolaborasi tim secara aktif (Putri et al., 2020). PBL berfokus pada pembelajaran yang berpusat pada peserta didik melalui simulasi penelitian yang mengintegrasikan teori dan praktik, serta melatih keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah (Widowati et al., 2021). Sintaks PBL mengarahkan peserta didik untuk berpikir analitis, meneliti, dan menyusun laporan penelitian. Dengan melibatkan peserta didik dalam setiap langkah pemecahan masalah secara kritis dan ilmiah, PBL mengasah kemampuan berpikir logis, kreatif, dan komprehensif (Sari et al., 2021). Kelemahan utama PBL adalah kurangnya pendekatan multidisiplin, serta terbatasnya konteks sains dan teknologi, sehingga perlu diintegrasikan dengan suatu pendekatan. Salah satu pendekatan yang dapat diintegrasikan dengan PBL adalah STEM (*Sains*,

Technology, Engineering, and Mathematics) untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan kolaborasi (Wahyuni et al., 2020; Widyaningrum, 2017)

PBL sering kali tidak memadai dalam mempersiapkan siswa menghadapi masalah kompleks yang memerlukan pengetahuan teknis dan lintas disiplin, karena hanya berfokus pada solusi yang ada tanpa mendorong inovasi dan kolaborasi terstruktur. Pengintegrasian PBL-STEM membuat pembelajaran tidak hanya fokus pada teori, tetapi juga mengembangkan kemampuan pemecahan masalah dan keterampilan kolaborasi peserta didik dalam konteks kehidupan sehari-hari (Rosana, 2022). STEM merujuk pada sains yang berfokus pada pemahaman alam, teknologi yang menyederhanakan kehidupan manusia, *engineering* yang mengaplikasikan sains dan matematika untuk menciptakan teknologi, dan matematika yang mempelajari pola serta hubungan (Wahyuni et al., 2020)

STEM pada PBL menuntut peserta didik untuk aktif dalam proses observasi, analisis, eksperimen, serta komunikasi hasil. Dengan pendekatan ini, peserta didik didorong untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kolaborasi, yang sangat penting untuk menghadapi tantangan abad ke-21. Selain itu, integrasi STEM memperkaya pengalaman belajar peserta didik dengan menjadikan pembelajaran lebih bermakna, relevan dengan kehidupan nyata, dan mendukung keterampilan yang dibutuhkan untuk berpartisipasi dalam penyelesaian masalah global secara kolaboratif (Heni et al., 2021).

STEM erat kaitannya dengan teknologi. Teknologi semakin meningkat pada awal tahun 2020, terutama di bidang pendidikan. Penggunaan teknologi dan informasi yang canggih dapat membantu peserta didik sebagai alternatif media pembelajaran, seperti penggunaan *smartphone* yang semakin meningkat dan sangat membantu dalam menunjang pembelajaran. Namun, penggunaannya masih terbatas dengan mengandalkan *google* untuk memenuhi kebutuhan pembelajaran tanpa menggunakan suatu media ajar tertentu. Hal ini menjadi peluang guna memaksimalkan pemanfaatan media berbasis teknologi dalam meningkatkan kualitas pendidikan melalui media yang beragam, salah satunya dengan

menggunakan *E-booklet* sebagai salah satu media ajar yang kemudian dapat diakses secara online (Humairah E, 2022.). *E-booklet* memiliki keunggulan, seperti akses mudah melalui perangkat digital kapan saja dan di mana saja. Selain itu, *E-booklet* lebih hemat biaya karena tidak memerlukan percetakan atau pengiriman, serta lebih ramah lingkungan dengan mengurangi penggunaan kertas. Keuntungan-keuntungan ini menjadikannya solusi praktis dalam berbagai bidang, terutama pendidikan dan distribusi informasi. (Miller, 2020)

Penelitian terdahulu yang membahas kemampuan pemecahan masalah peserta didik telah banyak dilakukan, namun sebagian besar belum mengelompokkan kemampuan ini berdasarkan skor pada indikator seperti pemahaman masalah, pembuatan rencana, pelaksanaan, dan pengecekan kembali (Rahayu et al., 2021). Rosdiana et al. (2024) menemukan bahwa kemampuan pemecahan masalah peserta didik di SMAN 2 Pandeglang, khususnya pada materi pemanasan global masih rendah, terlihat dari hasil belajar dan kepedulian lingkungan peserta didik. Penelitian Dwijowati et al. (2017) menunjukkan bahwa model PBL, yang berfokus pada masalah kehidupan nyata, dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik. Penelitian terdahulu juga telah dilakukan oleh Fitriyani, Jalmo, & Yolida (2019) di SMAN 6 Bandar Lampung menunjukkan bahwa model PBL berpengaruh terhadap keterampilan kolaborasi peserta didik, yang ditunjukkan dengan hasil penelitian kolaborasi peserta didik pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Sari dan Hafandi (2022) juga mengemukakan bahwa model PBL berpengaruh terhadap kolaborasi peserta didik.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, menunjukkan bahwa masih terdapat permasalahan dalam pembelajaran yang mengakibatkan kemampuan peserta didik dalam memecahkan masalah dan kolaborasi masih rendah. Sehingga peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh dalam penggunaan model PBL terintegrasi STEM dengan berbantuan *E-booklet* terhadap kemampuan pemecahan masalah dan kolaborasi peserta didik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah ada, maka rumusan masalah di dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana pengaruh model pembelajaran PBL terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet* terhadap kemampuan pemecahan masalah peserta didik kelas X pada materi perubahan iklim fase E?
2. Bagaimana pengaruh model pembelajaran PBL terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet* terhadap keterampilan kolaborasi peserta didik kelas X pada materi perubahan iklim fase E?
3. Bagaimana tanggapan peserta didik terhadap model PBL terintegrasi STEM berbantuan e-bookler terhadap kemampuan pemecahan masalah dan kolaborasi peserta didik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) Untuk mengetahui pengaruh model pembelajaran PBL terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet* terhadap kemampuan pemecahan masalah peserta didik kelas X pada materi perubahan iklim fase E
- 2) Untuk mengetahui pengaruh model pembelajaran PBL terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet* terhadap keterampilan kolaborasi peserta didik kelas X pada materi perubahan iklim fase E
- 3) Untuk mengetahui tanggapan peserta didik terhadap model PBL terintegrasi STEM berbantuan e-bookler terhadap kemampuan pemecahan masalah dan kolaborasi peserta didik

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat dan kegunaan yang baik secara langsung maupun tidak langsung. Manfaat yang diharapkan adalah sebagai berikut:

a. Manfaat teoritis

1. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan sumbangan pemikiran dan memperkaya perpustakaan sebagai pengembangan terhadap pengetahuan di bidang Ilmu Pengetuan Alam.
2. Hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan guru dalam memberikan layanan pembelajaran terhadap peserta didik.

b. Manfaat praktis

1. Bagi sekolah

Hasil penelitian ini diharapkan menjadi bahan pertimbangan untuk memberikan pendidikan yang menyeluruh, sehingga peserta didik tidak hanya cerdas secara akademik, tetapi juga memiliki keterampilan pemecahan masalah dan kolaborasi.

2. Bagi guru

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi bahwa model PBL-STEM yang didukung dengan *E-booklet* berperan penting dalam pendidikan. Salah satu faktor yang memengaruhi perkembangan kecerdasan peserta didik adalah model pembelajaran. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi guru dalam memberikan layanan pembelajaran yang tepat untuk meningkatkan kecerdasan moral peserta didik.

3. Bagi peneliti selanjutnya

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan referensi dan pertimbangan dalam melakukan studi lebih lanjut terkait dengan penelitian yang serupa yaitu mengenai model PBL terintegrasi STEM.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka peneliti membatasi penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini menggunakan model PBL terintegrasi STEM yang didukung oleh *E-booklet* pada kelas eksperimen, sementara kelas kontrol menerapkan metode ceramah. *E-booklet* adalah media pembelajaran digital yang berisi teks, gambar, dan tulisan. Penggunaan *E-booklet* tidak hanya efektif dalam meningkatkan pengetahuan peserta didik tetapi juga lebih praktis.
2. Objek yang diteliti adalah kemampuan pemecahan masalah dan keterampilan kolaborasi peserta didik
 - 1) Kemampuan pemecahan masalah peserta didik yang diukur memiliki 4 indikator menurut Polya (1973) yaitu: (1) memahami masalah; (2) menyusun strategi atau rencana penyelesaian; (3) menyelesaikan permasalahan sesuai rencana yang telah dibuat, dan (4) memeriksa kembali jawaban. Kemampuan pemecahan masalah ini diukur menggunakan instrumen berupa *pretest* dan *posttest*.
 - 2) Keterampilan kolaborasi peserta didik yang diukur memiliki 5 indikator menurut Greenstein (2012) yaitu : (1) berpartisipasi secara aktif; (2) bekerja secara produktif, (3) bertanggung jawab; (4) fleksibilitas; (5) menghargai antar anggota kelompok. Keterampilan kolaborasi diukur menggunakan lembar observasi.
3. Materi pokok pada penelitian ini yaitu perubahan iklim kelas X SMA semester genap dengan Capaian Pembelajaran: Pada akhir fase E, peserta didik memiliki kemampuan untuk memahami sistem pengukuran, energi alternatif, ekosistem, bioteknologi, keanekaragaman hayati, struktur atom, reaksi kimia, hukum-hukum. dasar kimia, dan **perubahan iklim** sehingga responsif dan dapat berperan aktif dalam memberikan penyelesaian masalah pada isu-isu lokal dan global. Semua upaya tersebut diarahkan pada pencapaian tujuan pembangunan yang berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*).
4. Populasi pada penelitian ini yaitu seluruh peserta didik kelas X di MAN 2 Bandar Lampung dengan sampel penelitian kelas X.B sebagai kelompok eksperimen dan X.C sebagai kelompok kontrol.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Model *Problem Based Learning* (PBL) terintegrasi STEM

Problem Based Learning (PBL) adalah model pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengembangkan keterampilan pemecahan masalah serta melatih keterampilan kolaborasi. Model ini menuntut peserta didik untuk memecahkan masalah dengan beberapa tahap metode ilmiah, sehingga mereka dapat mempelajari pengetahuan terkait masalah sekaligus mengembangkan keterampilan kolaboratif (Syamsidah dan Suryani, 2018). Dalam PBL, peserta didik dihadapkan pada suatu masalah dan diberi kesempatan untuk menyelesaikannya. Penerapan PBL bertujuan meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kemandirian, motivasi belajar, dan hasil belajar peserta didik (Syamsidah dan Suryani, 2018).

Menurut Arends (2012), dalam PBL, peserta didik bekerja dalam kelompok kecil, berkolaborasi untuk menyelesaikan tugas-tugas kompleks, serta meningkatkan keterampilan sosial dan dialog. PBL juga disebut sebagai pembelajaran kolaboratif yang mengintegrasikan peran pendidik dan peserta didik untuk menciptakan kondisi belajar aktif. Dalam prosesnya, peserta didik dihadapkan pada masalah nyata yang relevan dengan pengalaman mereka (Ardianti, Sujarwanto, & Surahman, 2021). Menurut Widiaworo (2018), PBL memicu pembelajaran dengan menyajikan masalah kontekstual yang merangsang peserta didik untuk aktif belajar dan mencari solusi.

Model PBL memiliki tiga karakteristik utama, yaitu: (1) Melibatkan peserta didik secara aktif dalam pembelajaran, (2) Menjadikan masalah sebagai pusat dari

proses pembelajaran, (3) Proses pemecahan masalah dilakukan secara sistematis dan berdasarkan data yang jelas (Syamsidah dan Suryani, 2018). PBL mendorong peserta didik berpikir tingkat tinggi untuk menyelesaikan masalah nyata dengan mengintegrasikan keterampilan dan pengetahuan. Pendidik berperan sebagai fasilitator yang mengarahkan dan mendukung pembelajaran. PBL terdiri dari lima langkah utama, dari pengenalan masalah hingga penyajian solusi, dan membutuhkan kelas yang terbuka untuk kolaborasi (Arends, 2012).

Tabel 1. Sintaks PBL

Sintaks PBL	Kegiatan Pendidik
Tahap 1 Orientasi peserta didik pada permasalahan	Pendidik menjelaskan tujuan pembelajaran, menjelaskan kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan, dan memotivasi peserta didik agar terlibat pada kegiatan pemecahan masalah.
Tahap 2 Mengorganisasi peserta didik untuk meneliti	Pendidik membantu peserta didik menentukan dan mengatur tugas belajar yang berkaitan dengan masalah yang diangkat.
Tahap 3 Membimbing penyelidikan peserta didik secara mandiri maupun berkelompok	Pendidik mendorong peserta didik untuk mengumpulkan informasi yang sesuai, melaksanakan eksperimen untuk mendapatkan penjelasan dan pemecahan masalah.
Tahap 4 Mengembangkan dan menyajikan hasil	Pendidik membantu peserta didik dalam merencanakan dan menyiapkan karya yang sesuai seperti laporan, video, model dan membantu peserta didik dalam berbagai tugas dengan temannya untuk menyampaikan kepada orang lain.
Tahap 5 Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	Pendidik membantu peserta didik melakukan refleksi dan mengadakan evaluasi terhadap penyelidikan dan proses belajar yang mereka lakukan

(Arends, 2012)

Setiap model pembelajaran memiliki kelebihan dan kekurangan. Menurut Syarifudin dan Nurdin (2016), kelebihan dari model pembelajaran PBL diantaranya adalah :

1. Pembelajaran berpusat pada peserta didik sehingga peserta didik dapat mengembangkan pemikiran dan keteampilan kreatif serta mandiri
2. Meningkatkan motivasi dan kemampuan pemecahan masalah, membantu peserta didik belajar untuk mentransfer pengetahuan dengan situasi baru
3. Peserta didik mengintegrasikan pengetahuan dan keterampilan secara simultan dan mengaplikasikannya dalam konteks yang relevan
4. Meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, motivasi internal untuk belajar, dan dapat mengembangkan hubungan interpersonal dalam bekerja kelompok.

Syarifudin dan Nurdin (2016) juga menyebutkan beberapa kekurangan dari model PBL antara lain :

1. Peserta didik dan pengajar kurang terbiasa dengan metode ini
2. Kurangnya waktu pembelajaran, seorang pendidik mungkin akan sulit menjadi fasilitator yang baik
3. Membutuhkan banyak dana dan waktu yang lama untuk menyiapkan kegiatan pembelajaran ini karena pendidik harus menentukan masalah, media yang akan digunakan dan membuat konsep permasalahan yang akan diahas.
4. Implementasi model ini akan gagal jika peserta didik tidak dapat mengerti dengan baik dan benar nilai atau cakupan masalah yang disajikan dengan konten sosial yang terjadi.
5. Membutuhkan kemampuan pendidik dalam menguasai model dan menciptakan kerjasama kelompok. Pendidik harus memahami bagaimana perannya dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran, dan menguasai langkah-langkah pembelajaran. Sedangkan dalam pembentukan kelompok

pendidik harus memilih peserta didik secara heterogen sehingga peserta didik dapat berkolaborasi dengan temannya dalam menyelesaikan masalah.

Berdasarkan uraian di atas, meskipun PBL memiliki kelebihan dalam meningkatkan relevansi pendidikan dengan kehidupan sehari-hari serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis, analitis, dan kreatif, kelemahannya terletak pada kesulitan peserta didik dalam mengidentifikasi masalah dan mencari solusi, sehingga peran pendidik menjadi sangat penting (Masrinah, dkk. 2019). Dengan pendekatan STEM yang mengintegrasikan *Science, Technology, Engineering, dan Mathematics*, kombinasi PBL dan STEM menjadi sangat cocok untuk diterapkan dalam pemecahan masalah (Ananda, dkk. 2021).

Pendekatan STEM memfokuskan proses pembelajaran yang mengeksplorasi dua atau lebih bidang yang melibatkan peserta didik aktif dalam konteks pemecahan masalah dalam dunia nyata (Bybee, 2013). STEM memiliki 4 aspek yang dapat membantu peserta didik menyelesaikan suatu permasalahan dengan kompleks dan lebih tertata. Deskripsi muatan STEM menurut Torlakson (2014) dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Deskripsi Muatan STEM

No	Muatan STEM	Deskripsi
1	<i>Science</i>	Berupa fakta, konsep, prosedural tentang sains yang terkandung dalam capaian pembelajaran yang akan dipelajari serta memberikan pengetahuan kepada peserta didik mengenai konsep-konsep yang berlaku di alam.
2	<i>Technology</i>	Berupa adalah keterampilan atau sebuah sistem yang digunakan dalam mengatur masyarakat, organisasi pengetahuan, atau mendesain serta menggunakan sebuah alat buatan yang dapat memudahkan pekerjaan.
3	<i>Engineering</i>	Pengetahuan untuk mengoperasikan atau mendesain sebuah prosedur untuk menyelesaikan sebuah masalah serta meliputi aktivitas perancangan seperti produk apa yang dirancang, alat

	dan bahan apa yang diperlukan, mebuji coba keoptimalan produk, dan evaluasi hasil produk.
4	<i>Mathematics</i> Aktivitas matematika yang diperlukan dalam perhitungan, seperti: konsep matematika yang diterapkan, teorema/rumus yang diperlukan dan hanya membutuhkan argumen logis tanpa atau disertai dengan bukti empiris.

Keempat aspek STEM tersebut jika diintegrasikan akan membantu peserta didik menyelesaikan suatu masalah secara lebih kompeherensif. Pengintegrasian seluruh aspek ini kedalam proses pembelajaran akan membuat pengetahuan menjadi lebih bermakna. Pendekatan dengan menggunakan STEM dapat berupaya memunculkan keterampilan dalam diri peserta didik, misalnya kemampuan menyelesaikan masalah dan kemampuan melakukan penyelidikan. Riyanto dkk. (2021) menyatakan bahwa melalui implementasi pendekatan pembelajaran STEM, peserta didik dibimbing untuk menemukan sendiri jawaban atas materi yang diajarkan, sehingga peserta didik terlibat aktif dalam pembelajaran.

Menurut Kaniawati dkk. (2015) pembelajaran STEM merupakan sebuah pendekatan pembelajaran yang menggunakan pendekatan antar ilmu dimana pengaplikasiannya dilakukan dengan pembelajaran berbasis permasalahan. Wahono (2018) mengatakan pendekatan STEM berguna untuk memfasilitasi peserta didik untuk berhubungan dengan dunia melalui kegiatan seperti mengidentifikasi masalah, mengumpulkan data untuk memecahkan masalah, memikirkan solusi, dan mempertimbangkan hasilnya secara multidisiplin. Pendekatan STEM dalam pembelajaran dapat menghasilkan pebelajaran yang bermakna bagi peserta didik melalui integrasi pengetahuan, konsep, dan keterampilan secara sistematis. Melalui pembelajaran STEM, peserta didik dilatik untuk melakukan proses ilmiah, berpikir tingkat tinggi, dan mengenal teknologi sehingga dapat digunakan sebagai bekal hidup bermasyarakat dan memecahkan

masalah yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari terkait bidang sains (Rasmi et al., 2023).

Setiap aspek dari STEM memiliki ciri-ciri khusus yang membedakan antara keempat aspek tersebut. Masing-masing dari keempat aspek tersebut membantu peserta didik menyelesaikan masalah jauh lebih komprehensif jika diintegrasikan. Pembelajaran berbasis STEM menciptakan lingkungan belajar di mana masalah-masalah di dunia nyata menjadi pendorong utama pembelajaran. Menurut Widana & Septiari (2021), tujuan dan manfaat dari model pembelajaran STEM meliputi: (1) meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kreatif, logis, inovatif, dan produktif; (2) menumbuhkan semangat kolaborasi dalam memecahkan masalah; (3) memperkenalkan peserta didik pada perspektif dunia kerja dan mempersiapkannya; (4) memanfaatkan teknologi untuk menciptakan dan mengomunikasikan solusi inovatif; dan (5) menjadi sarana untuk mengembangkan kemampuan dalam menemukan dan menyelesaikan masalah. Salah satu proses dalam pembelajaran berbasis STEM adalah merencanakan dan melakukan investigasi (Bybee, 2013). Dalam proses ini, peserta didik melakukan penyelidikan ilmiah dan teknik (engineering), di mana mereka harus melibatkan banyak variabel dan mampu mengendalikan variabel tersebut untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang relevan.

Setiap pendekatan memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan utama dari pembelajaran berbasis STEM menurut Bybee (2013) terletak pada kemampuannya untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif, mempromosikan pemecahan masalah yang efektif, serta menumbuhkan semangat kerja tim dan kolaborasi. Selain itu, menurut Honey et al. (2014) pendekatan ini juga mendorong peserta didik untuk aktif dalam pembelajaran melalui proyek nyata yang berhubungan dengan kehidupan sehari-hari, sehingga meningkatkan motivasi dan minat mereka terhadap ilmu pengetahuan dan teknologi. STEM juga memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk lebih mengenal dunia kerja dan menyiapkan mereka untuk menghadapi tantangan di masa depan.

Namun, di balik kelebihan-kelebihan tersebut, pembelajaran berbasis STEM juga memiliki beberapa kekurangan. Pendekatan ini sering kali membutuhkan sumber daya yang cukup besar, baik dari segi waktu, tenaga, maupun biaya. Selain itu, kesuksesan pembelajaran STEM sangat bergantung pada kesiapan pendidik dan kurikulum yang dirancang dengan baik. Tidak jarang, penerapan STEM dapat menjadi tantangan bagi pendidik yang kurang berpengalaman atau belum memiliki pelatihan yang memadai dalam mengintegrasikan empat disiplin ilmu ini secara efektif. Ada pula kekhawatiran bahwa fokus yang terlalu kuat pada STEM dapat mengurangi perhatian pada disiplin ilmu lain seperti seni, humaniora, dan ilmu sosial (Stohlmann et al., 2012) .

STEM telah banyak diterapkan dalam pembelajaran dengan diintegrasikan dengan model pembelajaran seperti PBL, sehingga sintaks pembelajarannya mengikuti model pembelajaran yang dipilih dan diintegrasikan dengan STEM (Izzati dkk, 2019). Bukti yang ditunjukkan dari hasil penelitian terdahulu mengungkapkan bahwa penerapan STEM dapat meningkatkan prestasi akademik dan non-akademik peserta didik. Oleh sebab itu, penerapan STEM yang awalnya hanya bertujuan untuk meningkatkan minat peserta didik terhadap bidang STEM, menjadi lebih luas karena STEM dibuktikan dapat meningkatkan penguasaan pengetahuan, mengaplikasikan pengetahuan untuk memecahkan masalah, serta mendorong peserta didik untuk menciptakan sesuatu yang baru (Riyanto dkk, 2021).

Integrasi PBL dengan STEM sangat memungkinkan penerapan pemecahan masalah dan kolaborasi peserta didik. Serta akan menjadikan pembelajaran yang lebih menarik, menyenangkan, dengan menghubungkan dengan lingkungan, serta menjadikan peserta didik peserta didik lebih percaya diri dan mengeksplorasi ide-ide, inovasi, dan kreatif dalam mencari solusi untuk masalah yang nyata. Penerapan PBL terintegrasi STEM pada materi perubahan lingkungan seperti ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. PBL terintegrasi STEM

Sintaks (1)	Kegiatan Pendidik (2)	STEM (3)
Orientasi peserta didik terhadap masalah	Pendidik membagikan link <i>E-booklet</i> yang berisi materi dan juga di dalamnya terdapat LKPD yang berisi sintaks PBL terintegrasi STEM. Pendidik menginstruksi peserta didik untuk mengamati masalah terkait isu lokal tentang perubahan iklim	• Science: Memahami konsep perubahan iklim secara faktual. • Technology: Menggunakan video dan <i>E-booklet</i> yang berisi materi perubahan iklim dan diakses pada perangkat digital sebagai sumber belajar.
Mengorganisir peserta didik dalam belajar	Pendidik mengorganisasi peserta didik dengan memberikan arahan untuk mengerjakan LKPD yang ada di dalam <i>E-booklet</i> tersebut kepada tiap kelompok.	• Science: Menggunakan konsep-konsep perubahan iklim dalam diskusi • Technology: Mengakses informasi tambahan melalui internet dan platform digital lainnya.
Membimbing penyelidikan	Pendidik membimbing peserta didik dalam mengidentifikasi informasi penting di <i>E-booklet</i> serta menyediakan sumber tambahan jika diperlukan.	• Science: Penyelidikan lebih dalam tentang faktor-faktor penyebab perubahan iklim. • Technology: Menggunakan perangkat digital untuk mengakses data dan informasi. • Engineering: Mengidentifikasi solusi teknis terhadap masalah perubahan iklim.
Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	Pendidik meminta setiap kelompok untuk menyajikan hasil karya yang telah dikembangkan dengan	• Engineering: Merancang solusi teknis (misal,

	melakukan presentasi hasil diskusi terkait masalah perubahan iklim yang terdapat dalam LKPD yang telah diisi, serta menjelaskan solusi alternatif yang mereka tawarkan untuk mengatasi perubahan iklim.	penggunaan teknologi ramah lingkungan). • Technology: Menggunakan presentasi digital (PowerPoint, video). • Mathematics: Menghitung dampak dan evaluasi solusi yang diusulkan terhadap lingkungan
Menganalisis dan mengevaluasi	Pendidik memberi kesempatan pada kelompok lain untuk memberikan analisis, evaluasi, serta kritik dan saran. Pendidik mengevaluasi tanggapan peserta didik dengan memberikan penguatan terhadap hasil presentasi dan diskusi yang telah dilaksanakan	• Science & Technology: Mengevaluasi solusi dan penerapan teknologi ramah lingkungan. • Engineering: Menawarkan desain solusi alternatif. • Mathematics: Menghitung kembali dampak perubahan iklim berdasarkan data yang tersedia untuk memvalidasi solusi

Diadaptasi dari Arends (2012), Bybee (2013), dan Sudira (2018), serta dimodifikasi sesuai konteks pembelajaran IPA dengan *E-booklet*.

2.2 Kemampuan Pemecahan Masalah

Kemampuan pemecahan masalah merupakan salah satu kemampuan yang harus dimiliki dalam perkembangan abad-21. Kemampuan pemecahan masalah merupakan kemampuan peserta didik menggunakan proses berpikirnya dalam memecahkan masalah melalui pengumpulan fakta, analisis informasi, menyusun berbagai alternatif pemecahan, dan memilih pemecahan masalah yang paling efektif. Memecahkan suatu masalah dalam proses belajar mengajar sangatlah

dibutuhkan oleh peserta didik, karena pada proses belajar mengajar peserta didik ditanamkan nilai-nilai keterampilan berupa keterampilan untuk menyelesaikan persoalan dengan baik dan benar sehingga keterampilan ini dapat digunakan dalam proses kehidupan terutama untuk menyelesaikan masalah yang terjadi pada proses kehidupan sehari-hari, untuk dapat dipecahkan prinsip utama dalam memecahkan suatu masalah adalah mendapatkan fakta dan bersikap terbuka akan ide- ide baru (Endang dkk, 2021) . Kemampuan pemecahan masalah harus dimiliki oleh peserta didik untuk mempersiapkan diri agar terbiasa mengelola permasalahan yang berbeda (Septiani dan Nurhayati, 2019).

Polya (1973) mengemukakan pemecahan masalah merupakan suatu usaha yang akan dilakukan oleh peserta didik dalam mencari jalan keluar atas kesulitan yang sedang dihadapi. Menurut Polya, terdapat 4 indikator kemampuan pemecahan masalah yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. Indikator Kemampuan Pemecahan Masalah

Indikator	Deskripsi
Memahami masalah	Melibatkan pendalaman situasi masalah, melakukan pemilahan fakta-fakta, menentukan hubungan diantara fakta-fakta dan membuat formulasi pertanyaan masalah
Merumuskan masalah	Merumuskan masalah untuk membangun rencana solusi dengan mempertimbangkan struktur masalah dan pertanyaan yang harus dijawab.
Melaksanakan strategi	Melaksanakan rencana pemecahan masalah, untuk mencari solusi yang tepat peserta didik dikondisikan untuk memiliki pengalaman menerapkan berbagai macam strategi pemecahan masalah.
Mengecek kembali	Melakukan pengecekan kembali atas solusi masalah yang telah dijalankan dimana solusi tersebut harus dipertimbangkan. Solusi harus tetap cocok terhadap akar masalah meskipun kelihatan tidak beralasan.

(Polya, 1973)

Dalam pemecahan masalah, terdapat jenis masalah yang terstruktur dan tidak terstruktur. Pemecahan masalah, terutama untuk masalah yang rumit dan tidak terstruktur, telah menjadi fokus utama dalam pendidikan. Masalah tidak

terstruktur sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari dan dianggap sebagai jenis masalah yang efektif untuk meningkatkan pembelajaran peserta didik. Hal ini karena penyelesaiannya mengarah pada berbagai kesimpulan yang diperoleh melalui investigasi aktif peserta didik, serta mendorong pemikiran tingkat tinggi yang berkelanjutan. Proses penyelesaian masalah terstruktur dan tidak terstruktur umumnya mencakup fase representasi, pemecahan, dan pemantauan. Namun, dalam menyelesaikan masalah yang tidak terstruktur, terdapat tambahan fase justifikasi dan evaluasi dalam menyelesaikan masalah tidak terstruktur (Cho & Kim, 2020). Kemampuan pemecahan masalah yang berkaitan dengan dunia nyata dapat diintegrasikan untuk menyelesaikan persoalan dan persaingan di dunia nyata pula. Kesiapan peserta didik yang terbiasa menghadapi permasalahan dalam suatu pembelajaran, akan mampu mempersiapkan mental yang lebih baik bagi peserta didik dalam menghadapi persoalan di dunia nyata (Kurniawati dkk, 2019)

2.3 Keterampilan Kolaborasi

Keterampilan kolaborasi adalah kemampuan untuk berpartisipasi dalam setiap kegiatan untuk membina hubungan dengan orang lain serta saling menghargai hubungan dan kerja tim untuk mencapai tujuan yang sama (Le, Jassen & Wubbels, 2017). Keterampilan kolaborasi merujuk pada kemampuan dalam berkomunikasi secara dialogis untuk saling bertukar pendapat, gagasan, atau ide. Proses pembelajaran dalam merencanakan dan bekerja dalam kelompok, menghadapi perbedaan pendapat dalam diskusi, serta berpartisipasi aktif dalam diskusi seperti memberikan saran, mendengarkan pendapat orang lain, dan mendukung pendapat orang lain merupakan bagian dari pengembangan kemampuan kolaborasi (Greenstein, 2012)

Greenstein (2012) menyatakan bahwa kemampuan kolaborasi peserta didik dapat diamati melalui perilaku yang mencerminkan indikator-indikator kemampuan kolaborasi tersebut. Indikator-indikator ini dapat digunakan untuk menilai sejauh mana proses kolaborasi berlangsung, yang dapat ditinjau sebagai berikut:

Tabel 5. Indikator Keterampilan Kolaborasi

Subskill Kolaborasi	Indikator
Berkontribusi secara aktif	Kemampuan untuk bekerja secara efektif dan respek dalam tim yang beragam. Ini meliputi peran aktif dalam kelompok, inisiatif dalam menyelesaikan tugas bersama, dan kemampuan untuk berkontribusi secara signifikan terhadap tujuan bersama.
Fleksibilitas	Kesediaan untuk menyesuaikan diri dengan peran yang berbeda dalam tim dan menerima umpan balik dengan baik. Ini mencakup kemampuan untuk beradaptasi dengan perubahan dan menghadapi tantangan secara konstruktif.
Tanggung Jawab	Kemampuan untuk bertanggung jawab terhadap tugas yang diberikan dalam tim, menyelesaikan pekerjaan tepat waktu, dan memastikan hasil yang berkualitas. Ini juga mencakup kepercayaan untuk mengelola waktu dan sumber daya secara efektif untuk mencapai tujuan tim.
Bekerja secara produktif	Kemampuan dalam menggunakan waktu secara efisien dengan tetap fokus pada tugasnya tanpa diperintah dan menghasilkan kerja yang dibutuhkan
Menghargai orang lain	Keterampilan dalam menanggapi pendapat orang lain dengan pikiran terbuka dan menghargai ide baru orang lain, menunjukkan sikap yang sopan dan baik pada teman, serta mendiskusikan ide.

(Greenstein, 2012)

Istoyono et al (2014) mengemukakan bahwa pendidikan sebagai salah satu jalan untuk dapat meningkatkan keterampilan kolaborasi dan komunikasi peserta didik. Pendidikan yang bukan hanya dilakukan untuk mengembangkan pengetahuan berdasarkan subjek inti pembelajaran, tetapi juga harus diorientasikan agar peserta didik memiliki keterampilan kolaboratif. Keterampilan berkolaborasi merupakan salah satu kunci untuk menciptakan proses pembelajaran menjadi efektif serta keterampilan kolaborasi ini sangat dibutuhkan dalam dunia kerja nantinya (Andayani, 2018). Terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan agar dapat menumbuhkan keterampilan kolaborasi dalam pembelajaran menurut Zubaidah (2018), antara lain:

- 1) Membimbing peserta didik untuk saling menghormati dan menghargai antar anggota maupun kelompok lain dalam menyelesaikan tugas, baik secara fisik maupun mental.
- 2) Melatih peserta didik agar cepat beradaptasi dan aktif bertukar pikiran, menghasilkan ide relevan untuk mencapai tujuan bersama. Keterlibatan aktif mempercepat penyelesaian tugas dan mendorong inovasi melalui interaksi intens.
- 3) Membiasakan peserta didik untuk bertanggung jawab dalam menjalankan tugas secara kolaboratif, yang akan mempercepat penyelesaian tugas dan memastikan pekerjaan selesai tepat waktu.
- 4) Mengajarkan peserta didik untuk saling menghargai pendapat dan kontribusi anggota kelompok, sehingga mencegah rasa iri dan memastikan setiap individu merasa dihargai dalam kelompok.
- 5) Menekankan prinsip kerja sama dalam pembelajaran, meliputi ketergantungan positif, tanggung jawab individu, peran setara, pengelolaan kelompok efektif, dan interaksi simultan.

Keuntungan dari pembelajaran yang berfokus pada kolaborasi mencakup kemampuan untuk melatih pembagian tugas secara efektif, memperkuat rasa tanggung jawab peserta didik, mengintegrasikan informasi dari berbagai sumber pengetahuan, sudut pandang, dan pengalaman, serta meningkatkan kreativitas dan kualitas solusi yang dipicu oleh ide-ide dari anggota kelompok (Ulhusna, 2020).

2.4 E-booklet

Media merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan pembelajaran. Dengan media yang tepat, proses pembelajaran bisa menjadi lebih menarik dan menyenangkan, sehingga peserta didik lebih mudah memahami materi. Perkembangan media pembelajaran saat ini dipengaruhi oleh kemajuan teknologi. Media pembelajaran mencakup segala bentuk fisik yang digunakan oleh pendidik untuk menyampaikan pesan dan membantu peserta didik mencapai tujuan pembelajaran, seperti objek, suara langsung, media cetak, papan tulis, gambar,

model, rekaman audio, dan program pembelajaran (Aghni, 2018). Pemanfaatan media pembelajaran sebisa mungkin dirancang lebih kreatif supaya materi dapat dipahami peserta didik dengan cepat dan mudah. Adanya media pembelajaran peserta didik diharapkan dapat memiliki motivasi belajar yang tinggi dan mengarahkan kemandirian belajar peserta didik.

Menurut Arsyad (2014) menyimpulkan beberapa manfaat praktis dari penggunaan media pembelajaran di dalam proses belajar mengajar yaitu sebagai berikut:

- 1) Media pembelajaran dapat memperjelas penyajian pesan dan informasi sehingga dapat memperlancar dan meningkatkan proses dan hasil belajar;
- 2) Media pembelajaran dapat meningkatkan dan mengarahkan perhatian anak sehingga dapat menimbulkan motivasi belajar, interaksi yang lebih langsung antara peserta didik dan lingkungannya, dan kemungkinan peserta didik untuk belajar sendiri-sendiri sesuai kemampuan dan minatnya;
- 3) Media pembelajaran dapat mengatasi keterbatasan indera, ruang, dan waktu;
- 4) Media pembelajaran dapat memberikan kesamaan pengalaman kepada peserta didik tentang peristiwa-peristiwa di lingkungan, serta memungkinkan terjadinya interaksi langsung dengan guru, masyarakat, dan lingkungannya misalnya melalui karyawisata, kunjungan-kunjungan ke museum atau kebun binatang

Sebelum era digital, proses pembelajaran masih mengandalkan media cetak seperti buku. Namun, di era teknologi saat ini, pembelajaran dapat dilakukan melalui perangkat digital, menggantikan media cetak dengan media elektronik. Media elektronik yang mudah dibawa dan digunakan oleh peserta didik perlu dirancang dengan menarik agar peserta didik tertarik dan tidak cepat bosan saat belajar. Salah satu media edukasi yang efektif adalah *booklet*, yang berisi poin-poin penting dalam bentuk tulisan yang dipadukan dengan gambar menarik. *Booklet* ialah buku dengan ukuran relatif kecil dengan muatan informasi dan wawasan tentang suatu hal atau bidang ilmu tertentu (Pribadi, 2017). *Booklet* memiliki beberapa fungsi

yaitu: (1) untuk menimbulkan minat sasaran pendidikan; (2) membantu di dalam mengatasi banyak hambatan; (3) membantu sasaran pendidikan untuk belajar lebih banyak dan cepat; (4) merangsang sasaran pendidikan untuk meneruskan pesan-pesan yang diterima kepada orang lain; (5) untuk mempermudah penyampaian bahasa pendidikan; (6) untuk mempermudah penemuan informasi oleh sasaran pendidikan; dan (7) membantu memperjelas pengertian yang diperoleh (Roza, 2012).

Media *booklet* merupakan salah satu cara untuk meningkatkan pengetahuan peserta didik terutama tingkat kemampuan pemecahan masalah. *Booklet* ini dapat meningkatkan motivasi peserta didik untuk menambah pengetahuan di era digital. Dengan hampir semua orang memiliki smartphone yang memiliki berbagai keunggulan, perangkat ini menjadi pilihan yang tepat untuk dimanfaatkan sebagai media pembelajaran. Hal ini menjadikan motivasi bagi guru untuk memberikan media pembelajaran berbasis elektronik berupa *elektronik booklet (E-booklet)*. *E-booklet* merupakan sebuah media pembelajaran yang berbentuk digital dimana isinya memuat berbagai huruf, gambar, dan tulisan. Penggunaan *E-booklet* tidak hanya membantu meningkatkan pengetahuan peserta didik, tetapi juga lebih praktis dibandingkan *booklet* cetak. *E-booklet* memungkinkan pemanfaatan gadget seperti smartphone, yang dimiliki hampir semua orang saat ini. Media *E-booklet* juga lebih ringkas dan mudah dibawa ke mana saja serta dapat diakses kapan saja oleh pembaca, terutama ketika digunakan sebagai media pembelajaran. *E-booklet* sama halnya dengan *booklet* baik dari segi isi dan tampilan, hanya saja *booklet* berupa media cetak dan *E-booklet* berupa media digital yang hanya dapat dibuka menggunakan perangkat elektronik (Muhdar dkk, 2018).

E-booklet tentu saja memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan *E-booklet* menurut Muhdar dkk (2018) adalah penggunaannya yang praktis karena dapat diakses dimana saja dan kapan saja, selain berisi teks *E-booklet* juga dilengkapi dengan gambar menarik dengan warna yang lebih realistis dan asli sehingga

meningkatkan minat dan pemahaman dalam belajar. Beberapa kelebihan lainnya adalah:

- a) Tidak menggunakan media cetak sehingga menghemat biaya dibandingkan dengan bahan ajar cetak lainnya
- b) Mendorong peserta didik menjadi lebih aktif dan tertarik dengan materi yang dibahas
- c) Peserta didik dapat mengakses dan mempelajari bahan ajar kapan saja
- d) Penyebaran *E-booklet* dapat dilakukan kapan saja
- e) Pendidik dan peserta didik dapat menggunakan bahan ajar yang terstruktur dan terjadwal melalui internet sehingga memungkinkan evaluasi kemajuan belajar
- f) Menyediakan informasi lebih rinci karena mengulas pesan secara mendalam
- g) Dilengkapi dengan foto dan gambar untuk memperkuat materi dengan desain yang menarik dan berwarna

Di samping dari hal hal yang telah disebutkan tentang kelebihan *E-booklet*, tentu saja ada kelemahannya, antara lain:

- a) Hanya dapat diakses jika ada koneksi internet. Strategi untuk mengatasi kelemahan ini adalah dengan mengunduh media pembelajaran *E-booklet* beberapa hari sebelum pembahasan materi terkait.
- b) *E-booklet* tidak dapat menyebar langsung ke seluruh objek, karena disebabkan keterbatasan penyebaran dan jumlah halaman yang dapat dimuat dalam *booklet*.
- c) Penggunaan yang secara terus menerus dapat memengaruhi kesehatan mata karena menatap layar perangkat elektronik dalam waktu lama.

2.5 Materi Perubahan Iklim

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Perubahan Iklim pada tingkat SMA kelas X mata pelajaran Biologi.

Tabel 4. Keluasan dan Kedaalaman Materi Perubahan Iklim

Pemahaman Biologi	
Peserta didik menerapkan pemahaman IPA untuk mengatasi permasalahan berkaitan dengan perubahan iklim .	
Keluasan	Kedalaman
1. Data perubahan iklim	1) Data perubahan iklim dari artikel penelitian atau data BMKG
2. Penyebab perubahan iklim	1) Perubahan iklim yang disebabkan oleh faktor alamiah 2) Perubahan iklim yang disebabkan oleh manusia
3. Dampak perubahan iklim	1) Dampak terhadap lingkungan 2) Dampak terhadap biodiversitas 3) Dampak terhadap manusia
4. Solusi perubahan iklim	1) Tindakan penanggulangan 2) Tindakan mitigasi 3) Tindakan adaptasi

Berdasarkan keluasan dan kedalaman materi tersebut, dapat disusun materi pembelajaran sebagai berikut:

1. Data Perubahan Lingkungan

Perubahan iklim adalah perubahan jangka panjang pada suhu, curah hujan, angin, dan fenomena cuaca lainnya, yang disebabkan oleh faktor alamiah seperti letusan gunung berapi dan variabilitas matahari, serta aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi. Data dari BMKG menunjukkan peningkatan suhu rata-rata tahunan di Indonesia sekitar 0,3-0,4°C dalam 30 tahun terakhir, sejalan dengan tren global yang dilaporkan oleh IPCC. Selain pemanasan global, perubahan pola curah hujan dan meningkatnya frekuensi cuaca ekstrem seperti banjir, badai, dan gelombang panas juga menjadi indikator perubahan iklim. Aktivitas manusia mempercepat proses ini dengan meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, menyebabkan pencairan es di kutub dan kenaikan permukaan air laut. Pemanasan global terjadi akibat peningkatan gas rumah kaca seperti CO₂ dan CH₄ dari pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi, sementara hujan asam terbentuk dari emisi SO₂ dan NO_x yang bereaksi dengan uap air di

atmosfer. Dampak perubahan iklim ini semakin nyata dan memengaruhi ekosistem serta kehidupan manusia di seluruh dunia.

2. Dampak Perubahan Iklim

1) Dampak terhadap Lingkungan

Perubahan iklim meningkatkan suhu global, mempercepat pencairan es di kutub, dan menaikkan permukaan air laut yang mengancam daerah pesisir. Perubahan pola curah hujan menyebabkan kekeringan dan banjir, sementara cuaca ekstrem seperti gelombang panas dan badai semakin sering terjadi, merusak infrastruktur serta mengancam ketahanan pangan dan air.

2) Dampak terhadap Biodiversitas

Peningkatan suhu dan curah hujan mengakibatkan hilangnya habitat alami, mengancam spesies yang tidak mampu beradaptasi, dan memicu migrasi yang mengganggu keseimbangan ekosistem. Siklus kehidupan hewan dan tumbuhan juga terganggu, berdampak pada rantai makanan dan kelangsungan spesies.

3) Dampak terhadap Manusia

Perubahan iklim meningkatkan risiko penyakit, mengganggu ketahanan pangan dan air, serta memicu migrasi penduduk yang berpotensi menimbulkan konflik sosial. Kerugian ekonomi juga bertambah akibat kerusakan infrastruktur dan meningkatnya biaya Kesehatan.

3. Penanggulangan Perubahan Iklim

Perubahan iklim merupakan tantangan global yang memerlukan dua pendekatan utama untuk mengurangi dampaknya, yaitu mitigasi dan adaptasi.

1) Mitigasi

Upaya mitigasi bertujuan mengurangi emisi gas rumah kaca dengan menggantikan bahan bakar fosil dengan energi terbarukan seperti tenaga surya dan angin, meningkatkan efisiensi energi, serta melakukan reboisasi untuk menyerap CO₂. Pertanian berkelanjutan dan pengelolaan limbah yang lebih

baik juga diperlukan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap pemanasan global.

2) Adaptasi

Strategi adaptasi meliputi penguatan infrastruktur tahan bencana, pengelolaan sumber daya air yang lebih efisien, serta pengembangan pertanian yang lebih tahan terhadap perubahan iklim. Selain itu, pelestarian ekosistem seperti hutan mangrove dan terumbu karang membantu mengurangi dampak bencana alam. Edukasi masyarakat mengenai perubahan iklim juga penting agar mereka dapat beradaptasi dan mengambil tindakan yang tepat.

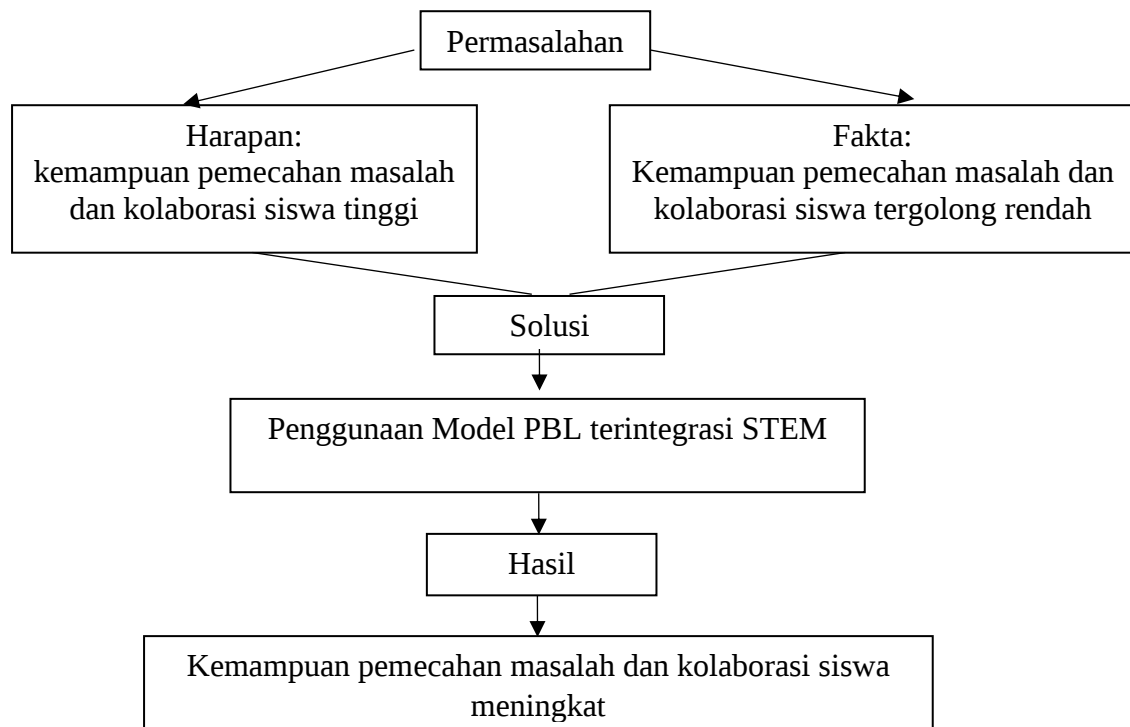
Langkah-langkah mitigasi dan adaptasi ini harus dilakukan secara berkelanjutan dan melibatkan berbagai pihak untuk mengurangi dampak perubahan iklim secara global.

2.6 Kerangka Berpikir

Terdapat beberapa kemampuan yang harus dimiliki oleh peserta didik pada abad ke-21 yaitu salah satunya adalah kemampuan pemecahan masalah. Berdasarkan data hasil penelitian terdahulu, peserta didik di Indonesia masih memiliki kemampuan pemecahan masalah yang rendah sehingga pendidik merasa kesulitan dalam memberikan soal berbasis pemecahan masalah. Untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, dapat menggunakan model pembelajaran yang tepat yaitu salah satunya adalah model PBL terintegrasi STEM, dimana model ini membelajarkan peserta didik dalam mengembangkan keterampilan berpikir dan keterampilan pemecahan masalah sekaligus bagaimana memanfaatkan teknologi di *era society* 5.0 ini. Proses pembelajaran dengan model PBL terintegrasi STEM dilakukan dengan menghadirkan masalah-masalah nyata yang menuntut peserta didik untuk berinteraksi langsung dengan lingkungan mereka dalam upaya menemukan solusi.

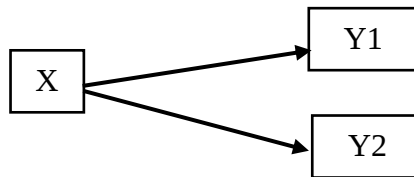
Penelitian ini menerapkan desain *pretest-posttest* dengan soal esai untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah, di mana peserta didik diberikan

pembelajaran berbasis masalah (PBL) sesuai indikator pemecahan masalah, yaitu mengidentifikasi, merumuskan masalah, menemukan alternatif solusi, memilih solusi terbaik, dan melaksanakan pemecahan. Model PBL diharapkan menciptakan suasana kelas yang lebih dinamis dan aktif, sehingga meningkatkan kemampuan peserta didik dalam memecahkan masalah. Berdasarkan hal ini, peneliti menguji penerapan model PBL terintegrasi STEM yang diyakini dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan kolaborasi peserta didik, yang kemudian disajikan dalam kerangka berpikir berbentuk skema yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Bagan Kerangka Berpikir

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas diberi perlakuan dengan penggunaan model PBL terintegrasi STEM, sedangkan variabel terikat adalah kemampuan pemecahan masalah dan kolaborasi peserta didik. Hubungan antar kedua variabel tersebut dapat dilihat pada diagram di bawah ini:



Gambar 2. Hubungan Antar Variabel Bebas dan Terikat

Keterangan:

X = Variabel Bebas (Model *Problem Based Learning* terintegrasi STEM)

Y1 = Variabel Terikat Kemampuan Pemecahan Masalah

Y2 = Variabel Terikat Kemampuan Kolaborasi

2.7 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Hipotesis pertama

H0 : Tidak ada pengaruh signifikan penggunaan model pembelajaran PBL terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet* terhadap kemampuan pemecahan masalah peserta didik kelas X pada materi perubahan iklim.

H1 : Ada pengaruh signifikan pada penggunaan model pembelajaran PBL terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet* terhadap kemampuan pemecahan masalah peserta didik kelas X pada materi perubahan iklim.

2) Hipotesis kedua

Ada pengaruh pada penggunaan model pembelajaran PBL terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet* terhadap keterampilan kolaborasi peserta didik.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2024/2025 di MAN 2 Bandar Lampung

3.2 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi merupakan sekelompok besar individu yang mempunyai karakteristik yang sama (Hasnunidah, 2017). Sampel penelitian diambil dengan teknik *cluster sampling*, yaitu pengambilan sampel berdasarkan kelompok yang telah terbentuk secara alami, dalam hal ini adalah kelas. Teknik ini digunakan karena subjek penelitian adalah peserta didik kelas X MAN 2 Bandar Lampung yang telah terbagi dalam beberapa kelas. Penelitian melibatkan dua kelas, masing-masing ditetapkan sebagai kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, yang akan diberikan perlakuan berbeda. Kelas-kelas ini dipilih untuk menerima model pembelajaran PBL terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet*, dengan desain penelitian *pretest-posttest control group design (Nonequivalent Control Group Design)*.

3.3 Desain Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode *quasi experiment*. Karakteristik dari metode *quasi experiment* adalah adanya kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dengan desain penelitian yang digunakan adalah *pretest-posttest control group design (Nonequivalent Control Group Desain)*. Perlakuan hanya diberikan kepada subjek dalam kelompok eksperimen dalam jangka waktu tertentu dan variabel terikat

kedua kelompok tersebut diukur untuk mengetahui bagaimana keadaan awal dan kemudian diberikan posttest untuk mengetahui bagaimana keadaan akhir (Hasnunidah, 2017). Hal ini bertujuan untuk melihat apakah ada perbedaan setelah diberi perlakuan dan tidak diberi perlakuan pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Berikut rancangan desain penelitian *pretest-posttest control group design*:

Tabel 5. *Pretest-Posttest Control Group Design (Nonequivalent Control Group Desain)*

Kelas	<i>Pretest</i>	Variabel bebas	<i>Posttest</i>
Kelas Eksperimen	Y1	X1	Y2
Kelas Kontrol	Y1	X2	Y2

Keterangan :

Y1 : Pemberian *pretest*

Y2 : Pemberian *posttest*

X1 : Pembelajaran dengan model PBL yang terintegrasi STEM

X2 : Pembelajaran dengan metode diskusi

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari tiga tahapan, yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap akhir. Adapun langkah-langkah dari tahapan tersebut yaitu:

1. Tahap Persiapan
 - a. Melakukan observasi pendahuluan untuk mengetahui permasalahan yang ada di sekolah serta menetapkan sampel yang akan digunakan sebagai kelas eksperimen dan kontrol.

- b. Menyusun perangkat pembelajaran yang terdiri dari: modul ajar, media pembelajaran, LKPD, soal *pretest* – *posttest*, dan rubrik penilaian yang digunakan sebagai pedoman penilaian.

2. Tahap Pelaksanaan

- a. Memberikan *pretest* untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah sebelum diberi perlakuan
- b. Memberikan perlakuan yaitu dengan menerapkan model PBL-STEM pada materi perubahan iklim.
- c. Memberikan *posttest* untuk mengukur peningkatan kemampuan pemecahan masalah peserta didik setelah diberi perlakuan.
- d. Melakukan pengamatan serta analisis mengenai peningkatan keterampilan kolaborasi peserta didik menggunakan lembar observasi.
- e. Mengamati dan menilai *pretest-posttest* peserta didik pada proses pembelajaran untuk menilai kemampuan pemecahan masalah

3. Tahap Akhir

- a. Mengolah data hasil *pretest-posttest* mengenai kemampuan pemecahan masalah dan menganalisis data lembar observasi keterampilan kolaborasi
- b. Membandingkan hasil analisis data antara sebelum dan setelah perlakuan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan kemampuan pemecahan masalah dan kolaborasi antara pembelajaran dengan model PBL-STEM dengan pembelajaran diskusi.
- c. Memberikan kesimpulan berdasarkan hasil dan pembahasan data yang diperoleh.

3.5 Jenis Data dan Teknik Pengumpulan Data

1. Jenis Data

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari hasil *pretest* dan *posttest* pada kemampuan pemecahan masalah dan data kualitatif diperoleh dari data analisis lembar observasi keterampilan kolaborasi selama pembelajaran.

2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik yang digunakan dalam pengumpulan data pada penelitian ini adalah:

a. Tes

Penelitian ini menggunakan tes berupa *pretest* dan *posttest* untuk mendapatkan data kemampuan pemecahan masalah peserta didik yang berbentuk soal essay dengan indikator pemecahan masalah yang meliputi memahami masalah, merumuskan masalah, melaksanakan strategi, dan mengecek kembali. Soal yang diujikan berjumlah 5 soal.

b. Lembar Observasi Keterampilan Kolaborasi

Lembar observasi kemampuan kolaborasi peserta didik diukur menggunakan skala Guttman untuk mendapatkan data berupa dua alternatif yaitu “Ya” atau “Tidak” sehingga diharapkan akan menghasilkan jawaban yang tegas terhadap suatu permasalahan yang ditanyakan. Lembar observasi dikembangkan berdasarkan indikator kemampuan kolaborasi Grenstein (2012).

Tabel 6. Kisi-kisi Instrumen Kemampuan Kolaborasi Peserta Didik

Indikator	Aspek	Nomor Butir Lembar Observasi
Berkontribusi secara aktif	Secara aktif berkontribusi dan membantu anggota tim dan menciptakan lingkungan kerjasama yang positif.	1,2,3,4,5
Fleksibilitas	Sangat fleksibel, cepat beradaptasi terhadap perubahan dan terbuka menerima saran dengan sikap positif.	6,7,8,9,10
Tanggung jawab	Bertanggung jawab dalam menyelesaikan tugas, mengikuti perintah yang menjadi tugasnya, dan tidak bergantung pada orang lain untuk menyelesaikan tugas.	11,12,13,14,15

Bekerja secara produktif	Aktif dalam mencari solusi yang menguntungkan semua pihak dan mendorong tercapainya tujuan bersama dalam kelompok	16,17,18,19,20
Menghargai orang lain	Berkomunikasi dengan sangat baik, mendorong adanya dialog terbuka dan membangun serta mendengarkan dengan baik pendapat dan ide antar anggota.	21,22,23,24,25

Dimodifikasi dari (Nainggolan, 2023)

c. Data respon peserta didik berupa angket

Teknik pengumpulan data respon peserta didik terhadap penggunaan model PBL terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet* diperoleh melalui angket menggunakan skala Likert. Skala Likert merupakan skala pengukuran sikap atau persepsi responden terhadap suatu pernyataan dengan pilihan jawaban berjenjang, misalnya: "Sangat Setuju", "Setuju", "Tidak Setuju", "Sangat Tidak Setuju". (Sugiyono, 2019). Persentase yang diperoleh kemudian diinterpretasikan menggunakan tabel berikut.

Tabel 7. Interpretasi Lembar Angket Tanggapan Peserta Didik

Skala Persentase	Kriteria
21% - 40%	Kurang
41% - 60%	Cukup
61% - 80%	Baik
81% - 100%	Sangat Baik

(Ridwan, 2009)

3.6 Uji Instrumen Penelitian

1. Uji Validitas Ahli

Uji instrumen penelitian yang digunakan adalah uji validitas ahli. Sebelum diujicobakan di lapangan, diperlukan adanya evaluasi terhadap soal *pretest* dan *posttest* yang akan diberikan kepada peserta didik. Evaluasi yang dilakukan berupa validasi isi. Validasi merupakan kegiatan mengumpulkan data atau informasi dari para ahli dibidangnya (validator) untuk menentukan valid atau tidak valid terhadap soal *pretest* dan *posttest* yang dibuat. Hasil dari

kegiatan ini adalah masukan untuk perbaikan soal *pretest* dan *posttest*. Uji validitas diberikan kepada validator pakar, yaitu pakar bahan ajar biologi dan praktisi lapangan. Validasi produk dilakukan dengan cara pemberian angket kepada ahli (validator).

3.7 Teknik Analisis Data

1. Analisis Data Kemampuan Pemecahan Masalah

Data yang didapatkan pada penelitian ini adalah data hasil tes kemampuan pemecahan masalah peserta didik berupa data kuantitatif yang dianalisis secara statistik. Pengolahan dan analisis data dilakukan dengan uji statistik menggunakan bantuan software SPSS. Nilai *pretest* dan *posttest* dihitung dengan skor *N-Gain* menggunakan formula sebagai berikut :

$$N - gain = \frac{Posttest - pretest}{100 - pretest} \text{ (Hake, 2002)}$$

Untuk mengetahui kriteria peningkatan yang diperoleh dari perlakuan yang diberikan, maka hasil perhitungan *N-Gain* diinterpretasikan pada tabel berikut:

Tabel 8. Kategori *N-Gain*

Besarnya <i>gain</i>	Interpretasi
> 0,7	Tinggi
0,3 – 0,7	Sedang
< 0,3	Rendah

(Hake, 2002)

2. Analisis Data Keterampilan kolaborasi

Data keterampilan kolaborasi peserta didik diperoleh melalui pengamatan selama proses pembelajaran. Tahapan dalam menganalisis skor keterampilan kolaborasi menggunakan lembar observasi adalah sebagai berikut:

- Memberikan skor berdasarkan rubrik penilaian keterampilan kolaborasi
- Menjumlahkan skor setiap peserta didik
- Menentukan nilai persentase keterampilan kolaborasi dengan rumus :

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum}} \times 100 \text{ (Sudjana, 2009)}$$

- d) Mengklasifikasikan skor keterampilan kolaborasi peserta didik dalam kriteria yang dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 9. Kriteria Keterampilan Kolaborasi

Persentase	Kriteria
$86\% < A < 100\%$	Sangat Baik
$76\% \leq B \leq 85\%$	Baik
$60\% \leq C \leq 75\%$	Cukup Baik
$55\% \leq D \leq 59\%$	Kurang Baik
$E \leq 54\%$	Sangat Kurang Baik

(Purwanto, 2008)

3. Analisis Data Angket Respon Peserta Didik

Analisis data respon menggunakan skala *Guttman* dalam penelitian ini dilakukan dengan penilaian melalui pernyataan positif, di mana jawaban "ya" diberi nilai satu dan jawaban "tidak" diberi nilai nol. Sebaliknya, untuk pernyataan negatif, jawaban "ya" diberi nilai nol, sementara jawaban "tidak" diberi nilai satu. Detail penilaian ini dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 10. Klasifikasi Pernyataan Positif Negatif

Pernyataan	Jawaban	Skor	Persentase
Positif	Ya	1	100%
	Tidak	0	0%
Negatif	Ya	0	0%
	Tidak	1	100%

(Sugiyono, 2019)

Hasil data yang diperoleh kemudian dihitung persentasenya dengan menggunakan rumus :

$$\text{Persentase respon peserta didik} = \frac{\text{Jumlah jawaban "ya" responden}}{\text{Jumlah seluruh jawaban responden}} \times 100\%$$

Kemudian persentase yang telah diperoleh tersebut hasilnya ditafsirkan dengan menggunakan kategori persentase berdasarkan kriteria penilaian yang dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Kategori Persentase Angket Tanggapan

Kriteria Persentase	Kategori
P = 0%	Semua Tidak Setuju
$0\% \leq P \leq 25\%$	Sebagian Kecil Setuju
$25\% < P \leq 50\%$	Hampir Setengahnya Setuju
P = 50	Setengahnya Setuju
$50\% < P \leq 75\%$	Sebagian Besar Setuju
$75\% < P \leq 100\%$	Hampir Semua Setuju
P = 100	Semua Setuju

(Hartati, 2010)

4. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah sampel yang diambil dalam penelitian berdistribusi normal atau tidak. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan uji normalitas menggunakan uji *Saphiro-wilk*, dengan tingkat signifikansi (α) sebesar 5% atau 0,05. Dengan kriteria uji H0 diterima jika sig. > 0,05 dan H0 ditolak jika sig. < 0,05

5. Uji Homogenitas

Uji homogenitis dilakukan untuk mengetahui apakah data dalam variabel bersifat homogen (berdistribusi secara normal) atau tidak homogen (berdistribusi secara tidak normal). Uji homogenitas penelitia ini menggunakan *uji Levene's test of equality of error* dengan taraf signifikansi(α) yang digunakan adalah 5% atau 0,05%. Kriteria pengujiannya adalah H0 akan diterima jika sig. (p) > 0,05 dan H0 akan ditolak jika sig. (p) < 0,05.

6. Uji Hipotesis

Uji hipotesis dilakukan setelah data memenuhi asumsi distribusi normal dan homogenitas. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model PBL

terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet* terhadap kemampuan pemecahan masalah dan kolaborasi peserta didik menggunakan Independent Sample t-test dengan taraf signifikansi 5% (0,05). Keputusan uji ditentukan dengan membandingkan t_{hitung} dan t_{tabel} . Jika $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Sebaliknya, jika $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Keputusan juga dapat didasarkan pada nilai signifikansi (sig), di mana H_0 diterima jika $sig > 0,05$ dan ditolak jika $sig < 0,05$ (Triton, 2006).

7. Uji Effect Size

Uji *effect size* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh model PBL terintegrasi STEM berbantuan E-booklet terhadap kemampuan pemecahan masalah dan kolaborasi peserta didik setelah diketahui adanya perbedaan yang signifikan melalui uji hipotesis. Pengujian ini bertujuan memberikan informasi tambahan mengenai kekuatan hubungan antar variabel yang tidak dapat disimpulkan hanya dari nilai signifikansi. Dalam penelitian ini, perhitungan *effect size* menggunakan rumus Cohen's d untuk data dua kelompok, dengan interpretasi kategori kecil ($d < 0,2$), sedang ($0,2 \leq d < 0,8$), dan besar ($d \geq 0,8$) (Cohen, 1988). Nilai *effect size* yang tinggi menunjukkan bahwa model pembelajaran yang diterapkan memberikan dampak yang besar terhadap hasil belajar peserta didik.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penerapan model PBL terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet* berpengaruh secara signifikan (Sig. $0,01 < 0,05$) terhadap kemampuan pemecahan masalah peserta didik pada materi perubahan iklim kelas X MAN 2 Bandar Lampung
2. Penerapan model PBL terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet* berpengaruh terhadap kemampuan kolaborasi peserta didik pada materi perubahan iklim kelas X MAN 2 Bandar Lampung
3. Penerapan model PBL terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet* mendapatkan tanggapan sangat baik dari peserta didik karena membantu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan kolaborasi pada materi perubahan iklim kelas X MAN 2 Bandar Lampung.

5.2 Saran

Berdasarkan simpulan tersebut dan untuk kepentingan penelitian, maka penulis menyarankan sebagai berikut:

1. Penerapan model PBL terintegrasi STEM berbantuan *E-booklet* dapat menjadi alternatif berkelanjutan bagi guru IPA untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan kolaborasi siswa, dengan mempertimbangkan variasi media serta perluasan subjek dan konteks.
2. Peneliti selanjutnya diharapkan memperkuat tahap membimbing penyelidikan dengan latihan aplikatif agar peserta didik mampu melaksanakan langkah strategi penyelesaian masalah secara konkret dan relevan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghni, R. I. (2018). Fungsi dan jenis media pembelajaran dalam pembelajaran Akuntansi. *Jurnal Pendidikan Akuntansi Indonesia*, 16(1), 98-107.
- Agnesa, O. S., & Rahmadana, A. (2018). Model Problem-Based Learning sebagai Upaya Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis pada Pembelajaran Biologi. *JOTE : Journal Of Teacher Education*, 3(3), 65-81.
- Andayani, Y. (2018). Harapan dan Tantangan Implementasi Pembelajaran IPA dalam Konteks Kompetensi Keterampilan Abad 21 Di Sekolah Menengah Pertama. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 5 (1), 1-13.
- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Arsyad, A. (2014). *Media Pembelajaran*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Permai.
- Astuti, N., Rusilowati, A., & Subali, B. (2021). *STEM-Based Learning Analysis to Improve Students' Problem Solving Abilities in Science Subject: a Literature Review*. *Journal of Innovative Science Education*, 10(1), 79–86.
- Bahri, A., Putriana, D., Idris, I. S., & Biologi, J. (2018). Peran PBL dalam Meningkatkan Keterampilan The Role of PBL in Improving Biological Problem-Solving Skill: Vol. VII (Issue 2).
- Cho, M. K., & Kim, M. K. (2020). Investigating Elementary Students' Problem Solving and Teacher Scaffolding in Solving an Ill-Structured Problem. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 8(4), 274-289.
- Dhitasarifa, I., Yuliatun, A.D., Savitri, E.N. (2023). Penerapan Model Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Peserta Didik Pada Materi Ekologi Di Smp Negeri 8 Semarang. *Seminar Nasional IPA XIII : Kecemerlangan Pendidikan IPA untuk Konservasi Sumber Daya Alam*.
- Endang, P.R., Sari, T.A., Pratiwi, R.H., (2021). Analisis Pemecahan Masalah Biologi Berdasarkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA Kelas XI IPA. *EduBiologia : Biological Science and Education Journal*. Vol. 1(2)
- Greenstein, L. (2012), *Assessing 21s Century Skilss: A Guide to Evaluating Mastery and Authentic Learning*. California: Corwin.

- Hake, R. R. (2002). Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six Thousand-Student Survey of Mechancis Test Data For Introductory Physics Courses. *American Jurnal of Physics*. 661(1): 64-74
- Hartati, N. (2010). *Statistik untuk Analisis Data Penelitian*. Yogyakarta. Pustaka Setia
- Haryadi, R. N. (2020). Pengaruh Kebiasaan Membaca terhadap Kemampuan Berbicara Bahasa Inggris SMA Negeri 99 Jakarta. *Jurnal Manajemen Bisnis dan Keuangan*. 1(2): 14-30.
- Hasanah, Z., Tenri Pada, A. U., Safrida, S., Artika, W., & Mudatsir, M. (2021). Implementasi Model Problem Based Learning Dipadu LKPD Berbasis STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis pada Materi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(1), 65–75.
- Hasnunidah, N. (2017). *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Media Akademi: Yogyakarta.
- Humairah, E. (2022). Penggunaan Buku Ajar Elektronik (E-Book) Berbasis Flipbook Guna Mendukung Pembelajaran Daring di Era Digital. *Prosiding Seminar Nasional 1 Amal Insani Foundation*, 66–71.
- IPCC, (2021): AR6 Climate Change 2021: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.
- Istoyono, Mardapi, D., & Suparno. (2014). Pengembangan tes kemampuan berpikir tingkat tinggi fisika (PysTHOTS) peserta didik SMA. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*. 18(1), 1–12
- Juliandini, N. M. A., & Munandar, D. R. (2022). Kemampuan problem-solving siswa SMA dalam menyelesaikan masalah PLSV. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 5(5), 1411–1418.
- Le, H., Jeroen, J., dan Theo., W. (2017). Collaborative Learning Practices: Teacher And Student Perceived Obstacles To Effective Student Collaboration. *Cambridge Journal Of Education*, 48(1), 110
- Lelasari, M., Setyosari, P., & Ulfa, S. (2017). Pemanfaatan social learning network dalam mendukung keterampilan kolaborasi peserta didik. *Prosiding TEP & PDs Transformasi Pendidikan Abad 21* 3(2)
- Lovakov, A., & Agadullina, E. R. (2021). Empirically Derived Guidelines For Effect Size Interpretation In Social Psychology. *European Journal of Social Psychology*. 51 (3): 485-504.
- Mansur, N. R., Ratnasari, J., & Ramdhan, B. (2022). Model STEAM terhadap kemampuan kolaborasi dan kreativitas peserta didik (STEAM model collaboration ability and creativity of students). *BIODIK: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 8(4), 183–196.

- Miller, J. (2020). The Impact of *E-booklets* in Modern Education. *Journal of Digital Learning*, 15(2), 45-60.
- Muhdar, A., A., S., Indria, D. M., & Rusniah, F. (2018). Efektifitas Pemberian *E-booklet* Tentang Permasalahan Menyusui Terhadap Peningkatan Pengetahuan Dokter Umum di Puskesmas Kota Malang. *Jurnal Kesehatan Islam: Islamic Health Journal*, 7(1).
- OECD. (2019). Programme for International Student Assessment (PISA) Result 2018: Indonesia Volumes I-III. OECD Publishing. Paris.
- Putri, C. D., Pursitasari, I. D., & Rubini, B. (2020). Problem Based Learning Terintegrasi STEM Di Era Pandemi Covid-19 Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta didik. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 4(2), 193–204.
- Polya, G. (1973). *How To Solve It: A New Aspect of Mathematical Method. (Second ed.)*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Pratiwi, H. R., Juhandi, A., & Setiono, S. (2020). Analysis Of Student Collaboration Skills Through Peer Assessment Of The Respiratory System Concept. *Journal Of Biology Education*, 3(2), 110.
- Pribadi, Benny A. (2017). *Media dan Teknologi dalam Pembelajaran*. Jakarta: Kencana
- Retnowati., Ayres, P., Sweller, J. (2016). Can Collaborative Learning Improve The Effectiveness Of Work Examples In Learning Mathematics. *Journal Of Educational Psychology*, 109(5), 666-679.
- Rosana, S., Jumini, S., Studi Pendidikan Fisika, P., & Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, F. (n.d.). Penggunaan Model PBL Berpendekatan STEM dalam Pembelajaran IPA Fisika Terhadap Kreativitas Peserta Didik. *Kappa Journal In Desember 2022*, 6(2).
- Roza, F. (2012). *Media Gizi Booklet*. Padang: POLTEKKES KEMENKES RI.
- Rahayu, O., Siburian, M. F., & Suryana, A. (2021). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah IPA Siswa Kelas VII Pada Konsep Pencemaran Lingkungan di MTs. Asnawiyah Kab. Bogor. *EduBiologia: Biological Science and Education Journal*, 1(1), 15.
- Sari, Y. I., Sumarmi, Utomo, D. H., & Astina, I. K. (2021). The Effect of Problem Based Learning on Problem Solving and Scientific Writing Skills. *International Journal of Instruction*, 14(2), 11–26.
- Septiani, Elinda Sri, and Elis Nurhayati. (2019). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Ditinjau Dari Adversity Quotient (AQ) Peserta Didik

- Melalui Model Problem Based Learning (PBL). *Prosiding Seminar Nasional & Call For Papers*: 168–75.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Thalheimer, W., & Cook, S. (2002). How To Calculate Effect Sizes From Published Research: A Simplified Methodology. *Work-Learning Research*. 1 (9).
- Tunc, C., Bagceci, B. (2021). Teachers' Views of the Implementation of STEM Approach in Secondary Schools and The Effects on Students. *Pedagogical Research*, 6(1), 1-11.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st Century Skills Learning For Life In Our Times*. John Willey and sons : San Fransisco
- Ulhusna, M., Putri, S. D., & Zakirman, Z. (2020). Permainan Ludo untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Peserta didik dalam Pembelajaran Matematika. *International Journal of Elementary Education*, 4(2), 130- 137.
- Wahyuni, I. G. A., Mertasari, N. K., & Susilo, H. (2020). Penerapan Model PBL Berbasis STEM dalam Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah dan Kreativitas Siswa. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 9(2), 190-198.
- Widyaningrum, P. (2017). Integrasi STEM dalam PBL untuk Meningkatkan Kolaborasi dan Inovasi Siswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 5(1), 75-82.
- Widyastuti, R., Saputra, A., & Permana, A. (2021). Implementasi model PBL-STEM dalam pembelajaran IPA untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis. *JUPI (Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA)*, 5(2), 123–130.
- Widowati, C., Purwanto, A., & Akbar, Z. (2021). Problem-Based Learning Integration in STEM Education to Improve Environmental Literation. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*, 8(7), 374.
- Widoyoko, E, P. (2012). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Zubaidah, S. (2018). Mengenal 4C: *Learning and Innovation Skills* untuk Menghadapi Era Revolusi Industri 4.0. *Prosiding 2nd Science Education National Conference*, Universitas Trunojoyo Madura.