

**PENGARUH MODEL PBL TERINTEGRASI *EDUCATION FOR
SUSTAINABLE DEVELOPMENT* BERBANTUAN *E-LKPD*
TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS
DAN KOMUNIKASI LISAN PADA SISWA**

(Skripsi)

Oleh

AULYA NUR AFIFATUL MUKARROMAH



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

PENGARUH MODEL PBL TERINTEGRASI *EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT* BERBANTUAN *E-LKPD* TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS DAN KOMUNIKASI LISAN PADA SISWA

Oleh

AULYA NUR AFIFATUL MUKARROMAH

Skripsi

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

Pada

**Program Studi Pendidikan Biologi
Jurusan Pendidikan dan Pengetahuan Alam**



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

ABSTRAK

PENGARUH MODEL PBL TERINTEGRASI *EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT* BERBANTUAN *E-LKPD* TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS DAN KOMUNIKASI LISAN PADA SISWA

Oleh

AULYA NUR AFIFATUL MUKARROMAH

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari model *Problem Based Learning terintegrasi Education for Sustainable Development* berbantuan *e-LKPD* terhadap kemampuan berpikir kritis dan komunikasi lisan siswa MA kelas X. Sampel penelitian ini adalah peserta didik MA Al-Hikmah Bandar Lampung yaitu kelas X B sebagai kelas eksperimen dan kelas X C sebagai kelas kontrol dengan teknik *cluster random sampling*. Desain penelitian adalah *quasi eksperimen*, data penelitian kemampuan berpikir kritis didapat dengan memberikan *pretest-posttest* dan data kemampuan komunikasi lisan didapat dengan menggunakan lembar observasi. Sedangkan penggunaan angket di kelas eksperimen bertujuan untuk mengetahui tanggapan peserta didik terhadap penggunaan model PBL terintegrasi ESD menggunakan *e-LKPD*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan model PBL terintegrasi ESD dengan bantuan *e-LKPD* berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis dengan nilai signifikansi uji *Mann Whitney-U* sebesar $0,00 < 0,05$. Peningkatan kemampuan berpikir kritis memperoleh rata-rata *n-gain* sebesar 0,62 yang termasuk kategori sedang. Selain itu penggunaan model PBL terintegrasi ESD dengan bantuan *e-LKPD* berpengaruh juga terhadap kemampuan komunikasi lisan dengan mendapat nilai rata-rata sebesar 81,30% berada dalam kategori tinggi, serta hasil angket menunjukkan respon sangat positif dengan nilai presentase yang didapat sebesar 92,91%.

Kata Kunci: berpikir kritis, *education for sustainable development*, *e-LKPD*, komunikasi lisan, *problem based learning*

ABSTRACT

THE EFFECT OF INTEGRATED PBL MODEL OF EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT ASSISTED BY E-LKPD ON CRITICAL THINKING ABILITY AND ORAL COMMUNICATION OF STUDENTS

By

AULYA NUR AFIFATUL MUKARROMAH

This study aims to determine the effect of the integrated Problem Based Learning model Education for Sustainable Development assisted by e-LKPD on critical thinking and oral communication skills of MA class X students. The sample of this study was students of MA Al-Hikmah Bandar Lampung, namely class X B as the experimental class and class X C as the control class with cluster random sampling technique. The research design was quasi-experimental, research data on critical thinking skills were obtained by providing pretest-posttest and data on oral communication skills were obtained using observation sheets. While the use of questionnaires in the experimental class aims to determine students' responses to the use of the ESD integrated PBL model using e-LKPD. The results of this study indicate that the use of the ESD integrated PBL model assisted by e-LKPD has a significant effect on improving critical thinking skills with a significance value of the Mann Whitney-U test of $0.00 < 0.05$. The improvement in critical thinking skills obtained an average n-gain of 0.62 which is included in the moderate category. In addition, the use of the ESD integrated PBL model with the help of e-LKPD also has an effect on oral communication skills by getting an average value of 81.30% in the high category, and the questionnaire results showed a very positive response with a percentage value obtained of 92.91%.

Keywords: critical thinking, education for sustainable development, e-LKPD, oral communication, problem based learning

Judul Skripsi : **PENGARUH MODEL PBL TERINTEGRASI
EDUCATION FOR SUSTAINABLE
DEVELOPMENT BERBANTUAN E-LKPD
TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS
DAN KOMUNIKASI LISAN PADA SISWA**

Nama Mahasiswa : **Aufya Nur Afifatul Mukarromah**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2113024049**

Program Studi : **Pendidikan Biologi**

Jurusan : **Pendidikan MIPA**

Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**

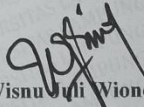
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

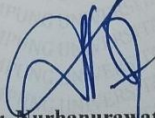
Pembimbing 1

Pembimbing 2


Berti Yolida, S.Pd., M.Pd.
NIP. 19831015 200604 2 001


Wisnu Wili Wiono, S.Pd., M.Pd.
NIP. 19880707 201903 1 014

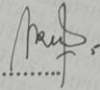
2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji
Ketua

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



Sekretaris

: Wisnu Juli Wiono, S.Pd., M.Pd.



Penguji

Bukan Pembimbing : Rini Rita T. Marpaung, S.Pd., M.Pd.





Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Dr. Abet Maydiantoro, M.Pd.

NIP. 19870504 201404 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 11 Juni 2025

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Nama : Aulya Nur Afifatul Mukarromah
Nomor Pokok Mahasiswa : 2113024049
Program Studi : Pendidikan Biologi
Jurusan : Pendidikan MIPA

Dengan ini menyatakan dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar ke sarjana 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 terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya, maka saya bertanggung jawab sepenuhnya.

Bandar Lampung, 03 Juni 2025

Yang menyatakan



Aulya Nur Afifatul Mukarromah
NPM. 2113024049

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di desa Kanoman pada tanggal 19 juli 2003 merupakan anak semata wayang dari Bapak Misiran Mahmud dan Ibu Sri Mulasih. Penulis beralamatkan di Kanoman Kecamatan Semaka Kabupaten Tanggamus. Penulis mengawali pendidikan di TK Al-Karim (2008-2009), SDN 1 Kanoman (2009-2015), Mts Al-Hikmah Bandar Lampung (2015-2018), MA Darul Huda Mayak Ponorogo Jawa Timur (2018-2021).

Pada tahun 2021 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Pendidikan Biologi Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Pada tahun 2024, penulis melaksanakan program kuliah kerja nyata (KKN) dan pengenalan lingkungan persekolahan (PLP) di Desa Candimas Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung.

Penulis juga terlibat aktif dalam organisasi kampus yaitu sebagai pengurus Formandibula (2021-2023), Adiv Himasakta 2021-2023, Anggota FPPI (2021-2023), anggota kementrian PPW BEM U KBM Unila (2023-2024), anggota Birohmah (2022-2023), anggota KMNU (2022-2023) dan diangkat menjadi Kepala Badan Semi Otonom Mar'atus Sholihah KMNU (2023-2024).

MOTTO

"Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan"

(Al-Insyirah: 5)

"Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga."

(HR Muslim, no. 2699).

"Janganlah engkau mengharapkan ilmu, jika kamu tidak mau bersusah payah"

(Imam Syarafuddin Yahya Abil Khair Al-Imrithi dalam Kitab Imrithi: 99)

"Sebuah keberhasilan itu dicapai dengan 'rekoso' (kerja keras) dan 'kangelan' (kesusahan)"

(KH. Abdussami' Hasyim_Pengasuh Ponpes Darul Huda Mayak)

PERSEMBAHAN

"Dengan menyebut nama Allah yang Maha pengasih lagi Maha penyayang"

Alhamdulillahirobbil'alamin

Segala puji bagi Allah atas rahmat dan nikmat yang tak terhitung sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Baginda Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya ini sebagai tanda bukti dan sayangku yang tulus untuk orang-orang yang sangat berharga dalam hidupku, kepada:

Ayah (Misiran Mahmud) dan Ibu (Sri Mulasih)

Untuk Ayah dan Ibu yang telah berjuang dan mengupayakan segala hal untuk mimpiku, yang selalu memberi semangat dan mendukungku. Terima kasih atas cinta kasih, do'a, restu, selalu memotivasi untuk dapat menyelesaikan studi. Tanpa bimbingan dan pengorbanan kalian, saya tidak akan berada di tahap ini.

Para Pendidik

Terimakasih telah membimbing, memberikan ilmu yang bermanfaat serta nasehat sehingga memberikanku pembelajaran yang berharga selama menempuh pendidikan.

Almamater tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamin segala puji bagi Allah SWT atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Model PBL terintegrasi *Education for Sustainable Development* Berbantuan *E-LKPD* terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Komunikasi Lisan Siswa”. Penulis menyusun skripsi ini sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan pada program studi pendidikan biologi.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

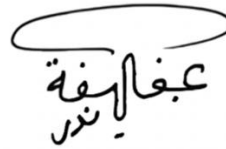
1. Dr. Albet Maydiantoro, M.Pd., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung;
2. Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan PMIPA FKIP Universitas Lampung;
3. Rini Rita T. Marpaung, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi dan selaku pembahas atas kritik dan saran perbaikan yang sangat berharga, sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik;
4. Berti Yolida, S.Pd., M.Pd., selaku pembimbing I yang memberikan bimbingan, saran, motivasi dan semangat serta kemudahan dalam pembuatan skripsi;
5. Wisnu Juli Wiono, S.Pd., M.Pd., selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, motivasi dan saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;
6. Seluruh Dosen Pendidikan Biologi atas ilmu yang diberikan;
7. Eliyana S.Pd., selaku guru mapel Biologi, Anis S.Pd., selaku Waka Kurikulum, Novy S.Pd., selaku Kepala Laboratorium Komputer, serta siswa siswi kelas XA, XB dan XC MA Al-Hikmah Bandar Lampung atas kerja sama dalam membantu penulis selama penelitian;

8. Kepada keluargaku yang telah memberikan motivasi, dukungan dan bantuannya selama ini;
9. Kepada Sahabat-sahabatku (Aulia Laila Safitri, Adinda Mutia Rahma, Annisa Fitri Alfa Noviani, dan lainnya yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu) yang selalu memberikan dukungan, bantuan, motivasi, semangat dan cerita yang berkesan selama menempuh masa perkuliahan;
10. Kepada teman-teman pendidikan biologi 2021 terkhusus kelas A yang memberikan cerita berkesan selama perkuliahan;
11. Semua pihak yang berperan dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

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, 03 Juni 2025

Penulis



Aulya Nur Afifatul Mukarromah

NPM. 2113024049

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I. PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang Masalah.....	2
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Manfaat Penelitian.....	8
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	9
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	12
2.1 Model <i>Problem Based Learning</i> (PBL) Terintegrasi <i>Education for Sustainable Development</i> (ESD).....	12
2.2 <i>E-LKPD</i> (Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik)	21
2.3 Kemampuan Berpikir Kritis	23
2.4 Kemampuan Komunikasi Lisan	25
2.5 Materi Pokok Perubahan Lingkungan.....	27
2.6 Kerangka Pikir.....	42
2.7 Hipotesis Penelitian.....	45
III. METODE PENELITIAN	46
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	46
3.2. Populasi dan Sampel	46
3.3 Desain Penelitian.....	46
3.4 Prosedur Penelitian.....	47
3.5 Jenis dan Teknik Pengumpulan Data	49
3.6 Instrumen Penelitian.....	51
3.7 Uji Instrumen.....	51
3.7 Teknik Analisis Data	52
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	58
4.1 Hasil Penelitian.....	58

4.2 Pembahasan.....	65
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	82
5.1 Kesimpulan.....	82
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	89

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Sintaks Model <i>Problem Based Learning</i>	15
Tabel 2. PBL Terintegrasi ESD	19
Tabel 3. Indikator Kemampuan Berpikir Kritis	23
Tabel 4. Indikator keterampilan komunikasi	26
Tabel 5. Keluasan dan Kedalaman Materi	28
Tabel 6. Jenis-jenis Freon	38
Tabel 7. Desain Penelitian.....	47
Tabel 8. Kategori keterampilan berpikir kritis siswa	50
Tabel 9. Kategori kemampuan komunikasi lisan siswa	51
Tabel 10. Hasil Analisis Validitas Instrumen Soal	51
Tabel 11. Kriteria Perolehan <i>N-gain</i>	53
Tabel 12. Kriteria <i>Effect Size</i>	56
Tabel 13. Kriteria Respon Peserta Didik.....	56
Tabel 14. Kisi-kisi Angket Tanggapan Peserta Didik.....	57
Tabel 15. Hasil Uji Statistik Data <i>n-gain</i>	58
Tabel 16. Rata-rata Indikator Kemampuan Komunikasi Lisan	62
Tabel 17. Hasil <i>Effect Size</i> Kemampuan Berpikir Kritis.....	63
Tabel 18. Hasil Angket Tanggapan Peserta Didik	63

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Makhluk Hidup yang Bergantun pada Suhu Permukaan	29
Gambar 2. Grafik luas es laut Arktik	31
Gambar 3. Peristiwa El Niño di Indonesia.....	32
Gambar 4. Peristiwa La Niña di Indonesia	33
Gambar 5. Kondisi Netral	33
Gambar 6. Kadar Peningkatan CO ₂	34
Gambar 7. Efek Rumah Kaca.....	36
Gambar 8. Kerangka Berpikir	44
Gambar 9. Hubungan antar variabel bebas dan terikat	45
Gambar 10. Rata-Rata <i>N-gain</i> Indikator Berpikir Kritis.....	61
Gambar 11. Jawaban <i>Pre-Post</i> Kelas Kontrol Indikator Menyimpulkan	68
Gambar 12. Jawaban <i>Pre-Post</i> Kelas Eksperimen Indikator Menyimpulkan.....	68
Gambar 13. Jawaban <i>Pre-Post</i> Kelas Kontrol Indikator Memberikan Penjelasan Sederhana	70
Gambar 14. Jawaban <i>Pre-Post</i> Kelas Eksperimen Indikator Memberikan Penjelasan Sederhana	70

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Alur Tujuan Pembelajaran Kelas Eksperimen.....	90
Lampiran 2. Alur Tujuan Pembelajaran Kelas Kontrol	93
Lampiran 3. Modul Ajar Kelas Eksperimen	96
Lampiran 4. Modul Ajar Kelas Kontrol.....	106
Lampiran 5. <i>E-LKPD</i> Kelas Eksperimen.....	116
Lampiran 6. <i>E-LKPD</i> Kelas Kontrol	136
Lampiran 7. Instrumen Soal <i>Pretest</i> Dan <i>Posttest</i> Kemampuan Berpikir Kritis	154
Lampiran 8. Kisi-Kisi Soal <i>Pretest</i> Dan <i>Posttest</i> Kemampuan Berpikir Kritis.....	157
Lampiran 9. Rubrik Soal <i>Pretest</i> Dan <i>Posttest</i> Kemampuan Berpikir Kritis.....	158
Lampiran 10. Angket Tanggapan Peserta Didik	170
Lampiran 11. Lembar validasi Soal	172
Lampiran 12. Observasi Kemampuan Komunikasi Lisan Peserta Didik.....	174
Lampiran 13. Rubrik Penilaian Kemampuan Komunikasi Lisan Peserta Didik.....	175
Lampiran 14. Data Nilai <i>Pretest</i> Kelas Eksperimen	177
Lampiran 15. Data Nilai <i>Posttest</i> Kelas Eksperimen.....	178
Lampiran 16. Data Nilai <i>Pretest</i> Kelas Kontrol.....	179
Lampiran 17. Data Nilai <i>Posttest</i> Kelas Kontrol	180
Lampiran 18. Data Nilai <i>N-gain</i> Kelas Eksperimen	181
Lampiran 19. Data Nilai <i>N-gain</i> Kelas Kontrol.....	182
Lampiran 20. Data Nilai Kemampuan Komunikasi Lisan Kelas Eksperimen.....	183
Lampiran 21. Data Nilai Kemampuan Komunikasi Lisan Kelas Kontrol	184
Lampiran 22. Hasil Uji Statistik.....	185
Lampiran 23. Hasil Angket Tanggapan Peserta Didik.....	189
Lampiran 24. Surat Izin Penelitian.....	190
Lampiran 25. Dokumentasi Kelas Eksperimen.....	191
Lampiran 26. Dokumentasi kelas Kontrol	192

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Revolusi industri 4.0 ditandai oleh kemajuan teknologi informasi yang cepat dan dinamis, yang telah menghasilkan berbagai perubahan di banyak sektor kehidupan. Perubahan keadaan dan situasi tersebut menuntut kesiapan Sumber Daya Manusia (SDM) yang mumpuni untuk dapat beradaptasi dan bersaing secara global (Umami & Indana, 2023). Pada era ini banyak hal yang berubah dalam berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk dalam bidang pendidikan. Siswa dituntut untuk memiliki kemampuan berpikir kritis, memecahkan masalah, mampu berkomunikasi, menyerap dan menyaring informasi dengan baik, serta kemampuan bekerja sama dalam memecahkan masalah (Susanti dkk., 2023). Dengan demikian pembelajaran tidak hanya sebatas menyampaikan informasi saja tetapi lebih fokus pada pengembangan kemampuan siswa dan siswa juga dituntut untuk lebih aktif dalam proses pembelajaran (Handayani & Djukri, 2024).

Proses belajar harus berfokus pada siswa. Siswa berperan sebagai subjek belajar yang aktif dalam mengembangkan minat dan potensinya. Siswa tidak dituntut untuk menghafalkan materi pelajaran tetapi mengkonstruksi pengetahuan dan keterampilannya sesuai dengan kapasitas dan tingkat perkembangan berpikirnya (Umami & Indana, 2023). Pembelajaran yang baik tidak hanya didukung dengan suasana pembelajaran yang kondusif namun juga mampu membimbing dan

membiasakan siswa untuk bekerja sama dengan baik serta mampu membangun hubungan komunikasi yang baik dengan guru maupun siswa lainnya (Susanti dkk, 2023).

Oleh karena itu, menurut Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dalam (Umami & Indana, 2023) menyatakan bahwa proses pendidikan yang diterapkan di sekolah harus memuat kompetensi-kompetensi yang terkandung dalam keterampilan abad 21, yaitu: (1) keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah, (2) keterampilan komunikasi, (3) kreativitas dan inovasi, dan (4) kolaborasi. Berpikir kritis merupakan wujud pemikiran tingkat tinggi yang berperan dalam pengembangan moral, sosial, dan ilmu pengetahuan. Dengan berpikir kritis siswa lebih terampil dalam mengkonstruksi argumen, memeriksa kredibilitas sumber, atau mengambil keputusan dan membantu siswa menerapkan pembelajaran yang diterima di sekolah dengan permasalahan di dunia nyata yang dihadapinya (Umami & Indana, 2023).

Selain itu, organisasi Pendidikan, Ilmu Pengetahuan dan Kebudayaan Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNESCO) menetapkan bahwa salah satu kemampuan yang harus dimiliki siswa di abad 21 adalah kemampuan berpikir kritis (Yulanda dkk, 2023). Berdasarkan hal tersebut kemampuan berpikir kritis sangat diperlukan di abad 21 dan menjadi salah satu tujuan pendidikan yang perlu dicapai (Umami & Indana, 2023). Pada abad ke 21 terdapat keterampilan yang dikembangkan ada banyak jenisnya, selain keterampilan berpikir kritis keterampilan berkomunikasi menjadi salah satunya (Maulida dkk., 2021). Selain itu, Haryanti dan Suwarma (dalam Saputri dkk., 2024) menyatakan bahwa komunikasi merupakan dasar dari seluruh aspek di dalam kehidupan yang dapat menunjang seseorang memiliki kemampuan lainnya, salah satunya kemampuan berpikir kritis.

Keterampilan berkomunikasi menjadi syarat penting dalam proses pembelajaran. Sehingga komunikasi mempunyai peranan penting dalam kegiatan pendidikan.

Karena proses belajar terjadi sebagai hasil komunikasi, baik secara intrapersonal seperti berpikir, mengingat, dan mempersepsi, maupun secara interpersonal yaitu melalui proses penyaluran ide atau gagasan informasi kepada orang lain, dan mendengarkan argumen yang disampaikan orang lain. Di lingkungan sekolah siswa dituntut untuk mampu berkomunikasi dengan baik. Namun tidak semuanya bisa berkomunikasi dengan baik. Ada beberapa siswa yang mengalami kesulitan dalam berkomunikasi. Kesulitan-kesulitan tersebut seperti, siswa kesulitan mengemukakan pendapat, malu, cemas, dan takut melakukan kesalahan (Nurfajriah dkk, 2022).

Selain itu kemampuan berkomunikasi menurut kemampuan 4C (*Critical Thinking, Creativity, Communication, and Collaboration*) mencakup kemampuan untuk mendengarkan dengan aktif, memahami audien, menggunakan bahasa yang tepat, dan menyampaikan informasi dengan jelas dan efektif melalui berbagai media dan bentuk. Kemampuan berkomunikasi siswa dapat digunakan untuk bertukar informasi tentang pembelajaran dengan guru atau peserta didik lain dan mencegah kesalahpahaman yang timbul dari pemahaman yang telah mereka dapatkan. Siswa yang memiliki kemampuan berkomunikasi baik dapat mendengarkan dengan seksama dan cepat memahami apa yang dikatakan guru atau siswa lainnya (Sholikha dkk, 2024). Dengan demikian, melalui komunikasi, siswa akan mampu memahami suatu konsep dengan menuliskan atau menjelaskannya, termasuk memberikan alasan terhadap proses berpikirnya. Melalui tulisan maupun lisan, siswa akan mampu membangun pemahaman terhadap ide-ide yang telah dipelajarinya dan mengkomunikasikan ide-ide tersebut kepada siswa lain agar siswa lain juga dapat merumuskan ide-ide mereka sendiri secara sistematis (Susanti dkk, 2023).

Berdasarkan hasil observasi menunjukkan bahwa pembelajaran di MA Al-Hikmah berlangsung dengan menggunakan Kurikulum Merdeka. Sedangkan untuk pembelajaran biologi di MA Al Hikmah berlangsung dengan menerapkan beberapa metode pembelajaran seperti ceramah dan diskusi kelompok, kemudian

siswa diajak berdiskusi dalam kelompok kecil setelah materi disampaikan. Meskipun demikian, penggunaan buku cetak masih mendominasi sehingga membatasi siswa dalam berpikir kritis secara mandiri, dan pendekatan berbasis masalah baru diterapkan secara terbatas. Penggunaan media pembelajaran seperti proyektor, praktikum, dan video juga terbatas akibat keterbatasan fasilitas. Oleh karena itu, hal tersebut dapat menghambat kegiatan pembelajaran yang lebih aktif dan interaktif. Hasil penilaian terhadap kemampuan berpikir kritis siswa menunjukkan hasil yang beragam, dengan sebagian besar siswa berada pada kategori sedang. Adapun jumlah siswa yang berada dalam kategori sedang 11 siswa, dalam kategori tinggi terdapat 1 siswa dan kategori rendah terdapat 6 siswa. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis pada siswa belum tercapai karena sebagian masih berada dalam tingkatan rata-rata berada dalam kategori sedang dan belum menunjukkan kemampuan berpikir kritis yang tinggi.

Selain itu, di MA Al-Hikmah kemampuan komunikasi lisan dilatih dengan sesi tanya jawab ketika kelas dan menyisipkannya ke dalam remedial bagi siswa yang tidak memenuhi nilai rata-rata ujian dengan cara menjelaskan secara lisan dalam sesi tanya jawab dengan guru mapel terkait materi yang diujikan. Sementara itu, berdasarkan hasil wawancara dengan guru mengenai kemampuan komunikasi lisan siswa menunjukkan adanya peningkatan kemampuan komunikasi lisan siswa seiring dengan adaptasi mereka di lingkungan sekolah. Oleh karena itu, seorang pendidik perlu menggunakan strategi yang tepat dalam proses pembelajaran dengan cara menerapkan model pembelajaran yang mendorong siswa dapat memiliki kemampuan yang dibutuhkan pada era sekarang salah satunya kemampuan berpikir kritis dan komunikasi lisan.

Salah satu model pembelajaran yang diyakini mampu melatih dan berpengaruh signifikan kemampuan berpikir kritis siswa adalah *Problem Based Learning* (PBL) (Umami & Indana, 2023). Selain itu model PBL dapat meningkatkan kemampuan komunikasi dengan mengintegrasikannya dalam pembelajaran (Kurniawati, 2024). Mangngella & Kendek (dalam Umami & Indana, 2023)

menyatakan bahwa model PBL adalah model pembelajaran yang berfokus pada siswa dan saat ini sedang dikembangkan secara luas. Penggunaan model PBL mempunyai beberapa manfaat lain yaitu dapat menimbulkan keaktifan, motivasi, dan kreativitas siswa (Umami & Indana, 2023). PBL merupakan model pembelajaran dimana siswa menggunakan masalah nyata sebagai kerangka pembelajaran untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis, keterampilan memecahkan masalah, dan pemahaman mendalam terhadap materi pelajaran serta mendorong siswa untuk memecahkan permasalahan tersebut dengan menghubungkan pengetahuan yang dimilikinya melalui penerapan dalam kehidupan sehari-hari. Model PBL berfokus pada masalah yang diberikan oleh guru, dan siswa menyelesaikan masalah tersebut dengan semua pengetahuan dan keterampilan dari berbagai sumber yang dapat diperoleh (Handayani & Djukri, 2024). Selain itu PBL, dalam proses pelaksanaannya siswa tidak sekedar mendengarkan, mencatat kemudian menghafalkan materi pelajaran tetapi juga aktif berpikir, berkomunikasi, mencari dan mengolah data dan akhirnya menarik kesimpulan, dengan menggunakan PBL dalam proses belajar mengajar bertujuan agar pembelajaran lebih fokus pada aktivitas kelas, tidak berdiam diri dan menunggu hasil dari orang lain, artinya pembelajaran berbasis masalah tidak kosong dari aktivitas berpikir untuk sampai pada kesimpulan pemecahan masalah. Sehingga dapat mendorong siswa untuk terampil berkomunikasi pada saat proses pembelajaran (Nurfajriah dkk, 2022).

Pada abad ke-21, pembelajaran berbasis ESD (*Education for Sustainable Development*) atau pendidikan pembangunan berkelanjutan harus diterapkan di sekolah-sekolah. UNESCO mengintegrasikan prinsip, nilai, dan praktik pembangunan berkelanjutan ke dalam seluruh aspek pendidikan dan pembelajaran, dengan tujuan mengatasi permasalahan sosial, ekonomi, budaya, dan lingkungan yang kita hadapi di abad ke-21. ESD memiliki tujuan untuk mempersiapkan siswa sebagai warga negara yang berperan aktif, dan tidak hanya sekedar pendidikan sekolah biasa. Tantangan utama ESD di sekolah antara lain

membangun arena pembelajaran yang baik melalui kolaborasi, mengembangkan kemampuan berkomunikasi lintas disiplin dan sektoral, serta mempertimbangkan kemampuan individu siswa. Sedangkan untuk menerapkan ESD dengan baik, sekolah perlu membentuk organisasi pembelajaran yang baik. Melalui ESD, siswa diberdayakan untuk menjadi agen perubahan yang aktif dalam mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan, memahami konsekuensi tindakannya terhadap lingkungan dan masyarakat, serta mengembangkan keterampilan dan kemampuan berpikir kritis, berkolaborasi, dan mengambil keputusan berdasarkan pertimbangan keberlanjutan. Penerapan ESD pada bidang pendidikan ditujukan pada lembaga pendidikan untuk mendidik siswa dan guru mengenai tantangan pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan (Kiswandini dkk, 2023).

Pelaksanaan ESD dalam proses pembelajaran dapat dilakukan dengan menggunakan model PBL. Menurut Reunamo dan Pipere (dalam Kiswandini dkk, 2023), tentang preferensi siswa dan orientasi pada pembangunan berkelanjutan sangat penting untuk menghubungkan pembelajaran ekologi, pembelajaran ekonomi, serta pembangunan berkelanjutan. Selain itu, penerapan prinsip pembangunan berkelanjutan dapat diwujudkan melalui pembelajaran aktif dan penilaian berorientasi proses. Dalam mewujudkan keaktifan siswa dalam proses belajar diperlukan suatu perangkat pembelajaran yang menunjang siswa untuk aktif, salah satunya melalui pemanfaatan lembar kerja siswa elektronik.

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah merambah ke seluruh lini kehidupan manusia, tanpa terkecuali di bidang pendidikan dan pembelajaran. Munculnya berbagai platform pembelajaran sangat membantu pendidik dalam merancang dan menyelenggarakan pembelajaran (Wiono dkk, 2024). Salah satunya *e-LKPD*, pentingnya pengembangan *e-LKPD* didasari oleh kemajuan teknologi dan kelengkapan sarana prasarana yang dimiliki sekolah atau siswa saat ini harus didukung dengan bahan ajar terkini dan inovatif yang dapat diakses dengan mudah melalui *smartphone* atau komputer. Oleh karena itu, pendidik dapat mengembangkan bahan ajar yang memanfaatkan teknologi seperti lembar

kerja siswa elektronik (Kiswandini dkk, 2023). Lembar kerja elektronik merupakan salah satu alat pembelajaran berbentuk LKPD yang desain penggunaannya dibantu oleh internet dengan susunan sistematis dalam format elektronik. *E-LKPD* yang difasilitasi dengan gambar, video pembelajaran, dan audio menjadikan *e-LKPD* menarik sehingga pembelajaran lebih interaktif dan pemahaman siswa diperkuat. LKPD memadukan berbagai konsep yang telah dipelajari siswa selama proses pembelajaran ke dalam kehidupan sehari-hari. Pemanfaatan bahan ajar pada abad 21 perlu diterapkan pada perkembangan teknologi sehingga memudahkan siapa saja dalam mengakses berbagai hal dengan cepat, kapan saja, dimana saja, dengan menggunakan berbagai perangkat yang terhubung dengan jaringan internet. Selain itu, penggunaan *e-LKPD* memerlukan kolaborasi dengan model pembelajaran. Salah satu model pembelajaran yang dapat digunakan adalah model PBL, yang bertujuan mengarahkan bahan ajar untuk menunjang proses pembelajaran yang melibatkan siswa baik secara kelompok maupun individu (Handayani & Djukri, 2024).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya mengenai kemampuan berpikir kritis siswa yang dilakukan Dasusmi dkk (2023) menunjukkan bahwa model PBL mampu memberikan dampak positif atau meningkatkan kemampuan berpikir kritis matematis siswa lebih baik dibandingkan model pembelajaran lainnya (Kholid, 2024). Pada penelitian yang dijalankan oleh Adelina Natalia Lubis dan Izwita Dewi (dalam Lubis & Dewi, 2023) di Kelas XI di SMA Negeri 11 Medan menunjukkan peningkatan signifikan dalam keterampilan komunikasi matematis peserta didik dengan rata-rata presentasi ketuntasan 78,75% (Sinaga dkk., 2024). Pada penelitian yang dilakukan oleh Alfi Maziyah Churil Ain dan Ganes Gunansyah (2022) dihasilkan bahwa LKPD Berbasis *Sustainability* ini layak digunakan pada proses pembelajaran dan efektif terhadap keterampilan berpikir kritis siswa (Sya'bani & Fawaida, 2022). Oleh karena itu berdasarkan pada latar belakang dan penelitian terdahulu peneliti akan melakukan penelitian dengan judul “ Pengaruh Model PBL Terintegrasi *Education for Sustainable*

Development Berbantuan E-LKPD terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Komunikasi Lisan Siswa”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan diatas, rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh model PBL terintegrasi ESD dengan menggunakan *e-LKPD* terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada materi Perubahan Iklim?
2. Bagaimana pengaruh model PBL terintegrasi ESD dengan menggunakan *e-LKPD* terhadap kemampuan komunikasi lisan siswa pada materi Perubahan Iklim?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui:

1. Mengetahui pengaruh penerapan model PBL terintegrasi ESD dengan menggunakan *e-LKPD* terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada materi perubahan iklim.
2. Mengetahui pengaruh penerapan model PBL terintegrasi ESD dengan menggunakan *e-LKPD* terhadap kemampuan komunikasi lisan siswa pada materi perubahan iklim.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, manfaat yang diharapkan yaitu:

- 1 Bagi Peneliti
Memperdalam pemahaman serta meningkatkan kemampuan dalam

menggunakan model PBL (*Problem Based Learning*) dengan mengintegrasikannya dengan ESD (*Education For Sustainable Development*) menggunakan media *e*-LKPD.

2 Bagi Siswa

Melalui pembelajaran dengan penerapan model PBL terintegrasi ESD berbantuan *e*-LKPD dapat melatih siswa untuk berpikir kritis dalam menganalisis masalah, mencari informasi yang relevan, mengevaluasi berbagai alternative solusi dan menarik kesimpulan yang logis. Selain itu siswa juga dilatih dalam menyampaikan ide, pendapat dan hasil analisis dengan jelas melalui diskusi maupun presentasi pada sintaks PBL serta siswa dapat memahami pentingnya kesadaran lingkungan dan berperan aktif dalam pembangunan berkelanjutan.

3 Bagi Guru

Memberikan wawasan mengenai alternatif pembelajaran menggunakan model PBL dengan mengintegrasikannya dengan ESD berbantuan *e*-LKPD dengan harapan dapat meningkatkan kompetensi guru dalam merancang pembelajaran yang berpusat pada siswa.

4 Bagi Sekolah

Meningkatkan mutu pendidikan dan kontribusi positif di MA Al-Hikmah Bandar Lampung.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini menerapkan model PBL yang terintegrasi dengan ESD. Dalam model PBL terintegrasi ESD, fokus tidak hanya pada aspek kognitif, tetapi juga menggabungkan konsep-konsep pendidikan yang mendukung pembangunan berkelanjutan. Dalam penelitian ini, siswa didorong untuk menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan ESD dan menemukan solusi secara mandiri melalui pendekatan PBL. Pelaksanaannya mengikuti sintaks

- atau alur yang sesuai dengan model PBL menurut Arends (2012), dengan penambahan konteks yang relevan mengenai pembangunan berkelanjutan sesuai dengan panduan UNESCO (2017).
2. Penelitian ini menggunakan media pembelajaran berupa *e*-LKPD sebagai alat bantu pembelajaran dengan memanfaatkan kemajuan teknologi. *E*-LKPD dilengkapi dengan gambar, teks dan video pada materi pembelajaran sehingga dapat menarik perhatian siswa dalam pembelajaran dan membantu siswa dalam memahami materi yang dipelajari. Selain itu *e*-LKPD dapat di aplikasikan melalui komputer, laptop atau *smartphone* sehingga memudahkan dalam mengakses tanpa terbatas jarak dan waktu menggunakan aplikasi *Live Worksheets*.
 3. Penelitian ini berfokus pada dampak dari PBL yang terintegrasi dengan ESD dan didukung oleh *e*-LKPD terhadap kemampuan berpikir kritis menurut Ennis (2011) serta kemampuan komunikasi lisan menurut Rustaman (2005). Berpikir kritis adalah kemampuan individu untuk menganalisis dan mengevaluasi informasi yang diterima, yang menunjukkan tingkat pemikiran yang tinggi. Dengan kemampuan ini, seseorang dapat mengidentifikasi penyebab suatu peristiwa, berpikir secara logis, menilai dampak dari suatu kejadian, merumuskan solusi, dan menarik kesimpulan mengenai masalah yang dihadapi. Sementara itu, kemampuan komunikasi lisan adalah kemampuan untuk menyampaikan informasi secara langsung, yang memudahkan siswa dan guru dalam berbagi atau menerima informasi yang diperlukan selama proses pembelajaran. Melalui PBL yang terintegrasi dengan ESD dan didukung oleh *e*-LKPD, siswa diajak untuk menyelesaikan masalah nyata yang relevan dengan lingkungan mereka, sehingga dapat merangsang kemampuan berpikir kritis dan komunikasi lisan mereka melalui diskusi dan presentasi.
 4. Materi dalam penelitian ini difokuskan pada kelas X dengan topik Perubahan Iklim untuk semester genap. Capaian pemahaman IPA yang diharapkan pada akhir fase adalah peserta didik mampu memahami sistem pengukuran energi

alternatif, ekosistem, bioteknologi, keanekaragaman hayati, struktur atom, reaksi kimia, hukum-hukum dasar kimia, serta perubahan iklim. Dengan pemahaman tersebut, siswa diharapkan dapat responsif dan berperan aktif dalam mencari solusi terhadap masalah yang berkaitan dengan isu-isu lokal dan global. Semua upaya ini diarahkan untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*).

5. Subjek dalam penelitian ini adalah siswa kelas X di MA Al-Hikmah Bandar Lampung yang terdiri dari empat kelas, dengan sampel penelitian diambil dari dua kelas. Penelitian ini melibatkan dua kelas, yaitu kelas kontrol dan kelas eksperimen. Kelas eksperimen menerapkan pembelajaran menggunakan model PBL yang terintegrasi dengan ESD dan didukung oleh *e-LKPD*. Sementara itu, kelas kontrol menggunakan metode pembelajaran yang umum diterapkan oleh guru, yaitu model *discovery learning*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Model *Problem Based Learning* (PBL) Terintegrasi *Education For Sustainable Development* (ESD)

Model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) adalah sebuah model pembelajaran kontekstual yang menjadikan suatu permasalahan sebagai fokus utama dalam proses pembelajaran. Menurut Happy (dalam Arifin dkk, 2020), adanya pembelajaran yang berbasis masalah (PBL) adalah suatu model yang bisa memberi peningkatan dari suatu usaha berpikir secara kritis apabila dibandingkan dengan model yang tradisional. Pembelajaran berbasis masalah ini yakni model pembelajaran yang mempunyai ciri adanya masalah terhadap dunia nyata, masalah dunia nyata selaku suatu konteks dimana para peserta didik mampu belajar dengan cara lebih kritis serta mengembangkan adanya keterampilan akan suatu pemecahan masalah dan ilmu pengetahuan yang diperolehnya.

Menurut Haynes (dalam Deink-Carthew 2021), PBL ini mendukung para peserta didik agar dapat aktif mengejar kemahirannya dengan cara memakai suatu desain dari penilaian yang cermat, suatu timbal balik yang sangat berkualitas unggul serta tepat sasaran, refleksi serta berbagai macam metode untuk mampu merekomendasikan pembelajaran di dukung untuk dapat berperan (Ayunda & Alberida, 2023). Selain itu, menurut Kauchan and Gen (dalam Anazifa & Djukri, 2017) *Problem Based Learning* merupakan pengajaran dimana inti utama dalam mengembangkan kemampuan pemecah masalah, materi dan mengorganisasikan diri peserta didik yaitu melalui masalah/*problem* (Anafiza & Dzukri, 2017). Model PBL berfokus pada permasalahan yang diajukan oleh guru,

di mana siswa menyelesaikan masalah tersebut dengan memanfaatkan pengetahuan dan keterampilan yang mereka miliki dari berbagai sumber. Tujuannya adalah untuk mengarahkan bahan ajar untuk mendukung proses pembelajaran yang melibatkan siswa baik secara individu maupun kelompok. Pembelajaran PBL dimulai dengan pengenalan permasalahan yang relevan dengan dunia nyata, yang mendorong siswa untuk memecahkan masalah tersebut dengan mengaitkan pengetahuan yang mereka miliki dengan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari (Handayani & Djukri, 2024).

Menerapkan PBL dalam proses pembelajaran berpotensi untuk melibatkan siswa dan memberikan pengalaman belajar. Penerapan PBL dapat sangat membantu dalam memberikan sebuah peningkatan akan kemampuan dalam berpikir secara kritis bagi para peserta didik, memungkinkan guru dan peserta didik untuk menerapkan setiap tahapan PBL dengan tepat (Ayunda dkk, 2023). Menurut Tan (dalam Zainal, 2022), PBL memiliki beberapa ciri khas sebagai berikut:

1. Masalah menjadi titik awal dalam pembelajaran.
2. Masalah dalam PBL, merupakan masalah dunia nyata yang tampak tidak terstruktur (*ill-structured*) dan otentik.
3. Masalah dalam PBL memerlukan berbagai perspektif, sehingga mendorong penyelesaian masalah dengan mempertimbangkan pengetahuan dari berbagai topik dan disiplin ilmu.
4. Masalah dalam PBL menantang pengetahuan, sikap, dan kompetensi siswa, sehingga memerlukan identifikasi kebutuhan belajar dan area pembelajaran baru.
5. Pembelajaran mandiri menjadi fokus utama, dengan demikian siswa bertanggung jawab untuk mengumpulkan informasi dan pengetahuan.
6. Pemanfaatan berbagai sumber pengetahuan dan evaluasi terhadap sumber daya informasi sangat penting.
7. Pembelajaran bersifat kolaboratif, komunikatif, dan kooperatif.
8. Pengembangan keterampilan investigasi dan pemecahan masalah menjadi

prioritas, tutor berperan dalam memfasilitasi dan melatih siswa melalui pertanyaan dan pelatihan kognitif.

9. Penutupan dalam proses PBL meliputi sintesis dan integrasi dari pembelajaran yang telah dilakukan.
10. PBL diakhiri pula dengan evaluasi dan *review* terhadap pengalaman peserta didik dan proses pembelajaran.

Selain ciri-ciri, model PBL memiliki karakteristik yang membedakannya dari model pembelajaran lainnya. Karakteristik ini diungkapkan oleh Marra, Jonassen, Palmer, dan Luft (dalam Zainal, 2022) yaitu sebagai berikut:

1. Fokus pada masalah (*problem-focused*)
Siswa memulai dengan menangani masalah yang otentik dan tidak terstruktur, serta konstruksi pengetahuan dirangsang oleh masalah dan diterapkan kembali ke masalah.
2. Berpusat pada siswa (*student-centered*)
Instruktur tidak mendikte kegiatan belajar, melainkan berperan dalam mendukung.
3. Mandiri (*self-directed*)
Siswa secara individu dan kolaboratif bertanggung jawab dalam proses pembelajaran (menilai diri sendiri/*self-assessment*, menilai rekan/*peer assessment* dan mengakses pengetahuan tentang materi dan pengalaman yang mereka miliki).
4. Refleksi diri (*self-reflected*)
Peserta didik memantau pemahaman mereka dan belajar untuk mengatur strategi belajar yang efektif.
5. Fasilitatif (*facilitative*)
Pengajar berfungsi sebagai fasilitator yang mendukung dan memodelkan proses penalaran, memfasilitasi dinamika kelompok dan interaksi interpersonal, serta menggali pengetahuan peserta didik secara mendalam.

Selain karakteristik, model PBL memiliki sintaks tertentu. Adapun Sintaks dari model PBL menurut Arends (2012) dipaparkan pada Tabel 1. sebagai berikut:

Tabel 1. Sintaks Model *Problem Based Learning*

Langkah kerja	Aktivitas guru	Aktivitas siswa
Orientasi peserta didik pada masalah	Guru menyampaikan masalah yang akan dipecahkan secara kelompok. Masalah yang diangkat hendaknya kontekstual. Masalah bisa ditemukansendiri oleh peserta didik melalui bahan bacaan atau lembar kegiatan.	Kelompok mengamati dan memahami masalah yang disampaikan guru atau yang diperoleh dari bahan bacaan yang disarankan.
Mengorganisasikan peserta didik untuk belajar	Guru memastikan setiap anggota memahami tugas masing-masing.	Peserta didik berdiskusi dan membagi tugas untuk mencari data/bahan-bahan/alat yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah.
Membimbing penyelidikan individu maupun kelompok	Guru memantau keterlibatan peserta didik dalam pengumpulan data/bahan selama proses penyelidikan.	Peserta didik melakukan penyelidikan (mencari data/referensi/sumber) untuk bahan diskusi kelompok.
Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	Guru memantau diskusi dan membimbing pembuatan laporan sehingga karya setiap kelompok siap untuk dipresentasikan	Kelompok melakukan diskusi untuk menghasilkan solusi pemecahan masalah dan hasilnya dipresentasikan/disajikan dalam bentuk karya.
Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	Guru membimbing presentasi dan mendorong kelompok memberikan penghargaan serta masukan kepada kelompok lainnya. Guru bersama peserta didik menyimpulkan materi.	Setiap kelompok melakukan presentasi, kelompok lain memberikan apresiasi. Kegiatan dilanjutkan dengan merangkum/ membuat kesimpulan sesuai dengan masukan yang diperoleh dari kelompok lainnya

Sumber: (Arends, 2012)

Sebagai suatu strategi pembelajaran, model PBL dinilai memiliki kelebihan yang dijabarkan sebagai berikut menurut Akinoğlu & Tandoğan (dalam Zainal, 2022):

1. Pembelajaran di kelas berpusat pada peserta didik.
2. Meningkatkan pengendalian diri peserta didik.
3. Peserta didik berpeluang mempelajari/menyelidiki peristiwa multidimensi dengan perspektif yang lebih dalam.
4. Meningkatkan keterampilan pemecahan masalah peserta didik.
5. Peserta didik terdorong untuk mempelajari materi dan konsep baru pada saat memecahkan masalah.
6. Meningkatkan keterampilan sosial dan komunikasi peserta didik sehingga dapat belajar dan bekerja dalam kelompok.
7. Meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan berpikir ilmiah peserta didik.
8. Memadukan teori dan praktik sehingga peserta didik berpeluang memadukan pengetahuan lama dan baru.
9. Mendukung proses pembelajaran.
10. Peserta didik memperoleh keterampilan mengatur waktu, fokus, mengumpulkan data, menyiapkan laporan dan evaluasi.
11. Memberikan peluang kepada peserta didik untuk belajar sepanjang hayat.

Menurut Shoimin (dalam Ardi dkk, 2023) kelebihan PBL adalah siswa membangun pengetahuannya sendiri melalui aktivitas belajar dengan memecahkan masalah. Selain itu, menurut Yunizha (dalam Ardi dkk, 2023) kelebihan PBL adalah meningkatkan keterampilan dan kemampuan untuk berkomunikasi (kerja tim).

Selain kelebihan yang dimiliki oleh model PBL ada beberapa kekurangan yang dimiliki diantaranya sebagai berikut:

1. Guru berpeluang mengalami kendala dalam mengubah gaya mengajar.
2. Siswa berpeluang membutuhkan lebih banyak waktu untuk menyelesaikan masalah ketika pertama kali dikemukakan di kelas.

3. Individu atau kelompok dapat menyelesaikan pekerjaan mereka lebih awal atau terlambat.
4. PBL membutuhkan materi yang kaya dan penyelidikan/*riset*.
5. PBL cukup sulit diterapkan di semua kelas.
6. Cukup sulit untuk menilai pembelajaran (Zainal, 2022).

Menurut UNESCO (2017), *Education for Sustainable Development* (ESD) merupakan pendekatan pembelajaran untuk mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan. Pembangunan berkelanjutan sendiri didefinisikan sebagai pembangunan yang memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka (Shabrina dkk, 2024). Melalui ESD, siswa diberdayakan untuk menjadi agen perubahan yang aktif dalam mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan, memahami dampak tindakan mereka terhadap lingkungan dan masyarakat, serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis, berkolaborasi, dan mengambil keputusan yang mempertimbangkan aspek keberlanjutan (Kiswandini dkk, 2023).

Pembangunan berkelanjutan memiliki tiga pilar utama; (1) sosial, (2) lingkungan hidup, dan (3) ekonomi. Pembangunan berkelanjutan yang komprehensif dapat dicapai melalui keseimbangan antara semua pilar tersebut. Pada prinsipnya ESD mengintegrasikan pesan-pesan pembangunan berkelanjutan selama proses belajar mengajar di sekolah, seperti menstimulasi dan membekali siswa untuk berkarya. Hal ini sejalan dengan Kementerian Pendidikan Nasional (2010) yang menyatakan tujuan ESD adalah mengintegrasikan prinsip, nilai dan praktik pembangunan berkelanjutan baik dalam pembelajaran intrakurikuler maupun ekstrakurikuler (Shabrina dkk, 2024).

Implementasi ESD dalam berbagai perkembangannya terbagi menjadi dua kategori, yaitu implementasi di bidang pendidikan formal, dan bidang

kemasyarakatan. Fokus pelaksanaan kegiatan ini ditujukan pada bidang pendidikan formal (Kiswandini dkk, 2023). Pada bidang pendidikan ESD menunjukkan bahwa pendidikan menduduki peran penting untuk ketercapaian SDGs dan keberlanjutan karena pendidikan memiliki hubungan yang erat dengan tiap SDGs, seperti bagaimana tingkat pendidikan dapat mengangkat orang keluar dari kemiskinan (SDG 1), mengarahkan ke lapangan pekerjaan yang lebih baik (SDG 8), atau memberikan pemahaman yang luas dan secara masif terkait dampak perubahan iklim (SDG 13).

Kerangka kerja ESD mengarahkan kepada optimalisasi peran pendidikan dalam pembangunan masyarakat dan dunia yang lebih berkelanjutan melalui pemberian pengetahuan, nilai, sikap, dan keterampilan terkait keberlanjutan untuk mendorong dan mengembangkan cara hidup yang adil dan bertanggung jawab terhadap masyarakat, lingkungan, serta ekonomi. Oleh karena itu, diperlukan kompetensi-kompetensi yang harus dimiliki untuk mencapai hal tersebut. UNESCO (2017) telah menetapkan bahwa terdapat 8 kompetensi yang sangat penting untuk keberlanjutan, yaitu:

1. Kompetensi berpikir sistematis,
2. Kompetensi untuk beradaptasi,
3. Kompetensi normatif,
4. Kompetensi strategis,
5. Kompetensi kolaborasi,
6. Kompetensi berpikir kritis,
7. Kompetensi kesadaran diri, dan
8. Kompetensi dalam pemecahan masalah secara terintegrasi.

Kompetensi-kompetensi tersebut bersifat transversal, multifungsional, dan tidak terikat pada konteks tertentu, sehingga relevan untuk SDGs (Purnamasari & Nurawaliyah, 2023). Penerapan ESD dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dapat dilakukan melalui berbagai model dan metode pembelajaran.

Suatu model pembelajaran memiliki urutan langkah-langkah kegiatan pembelajarannya masing-masing, atau biasa dikenal dengan istilah sintaks. Isu-isu keberlanjutan yang cocok dengan topik atau bab pada kurikulum sekolah dapat disampaikan pada sintaks yang sesuai dari model pembelajaran yang digunakan.

Adapun langkah-langkah pembelajaran berbasis ESD menurut (Amran dkk., 2018) adalah :

1. Mengumpulkan studi kasus yang berkaitan dengan isu permasalahan lingkungan/masyarakat yang berhubungan dengan materi pembelajaran;
2. Merembukkan lebih lanjut terkait isu permasalahan dengan menyediakan alternatif solusi;
3. Menganalisis dan menyelidiki alternatif solusi atas permasalahan yang diberikan;
4. Mengkomunikasikan alternatif solusi dihadapan guru dan masyarakat;
5. Menerapkan solusi untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

Salah satu model pembelajaran yang dapat diintegrasikan dengan ESD adalah pembelajaran berbasis masalah (PBL). Model PBL memberikan kesempatan kepada siswa untuk menerapkan pengetahuan mereka pada isu-isu keberlanjutan, seperti pencemaran lingkungan, perubahan iklim, atau pemanasan global. Dengan menggunakan model PBL, siswa didorong untuk menguasai pengetahuan yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah. Pengetahuan ini dapat berupa berbagai bentuk, seperti informasi dan data yang akan mereka gunakan sebagai pertimbangan dalam memecahkan masalah secara kritis, sistematis, dan logis (Purnamasari & Nurawaliyah, 2023).

Tabel 2. PBL Terintegrasi ESD

Sintaks PBL	Aktivitas Pembelajaran	ESD
Orientasi peserta didik pada masalah	Guru menayangkan video yang berisi isu perubahan iklim yang terdapat pada lembar <i>e</i> -LKPD. Kemudian meminta peserta didik untuk mengaitkan isu yang ditampilkan dalam video dengan materi perubahan iklim.	Mengumpulkan studi kasus yang berkaitan dengan isu permasalahan lingkungan/masyarakat yang berhubungan dengan materi pembelajaran.
Mengorganisasikan peserta didik untuk belajar	Guru memberikan link <i>e</i> -LKPD kepada peserta didik dan mengorganisir peserta didik dengan memberikan arahan terhadap pengerjaan <i>e</i> -LKPD.	Merembukkan lebih lanjut terkait isu permasalahan dengan menyediakan alternatif solusi.
Membimbing penyelidikan individu maupun kelompok	Guru membimbing peserta didik dalam berdiskusi dan mencari referensi. Kemudian peserta didik melakukan penyelidikan lebih lanjut untuk mengumpulkan data, referensi, atau bukti yang mendukung atau menyanggah alternatif solusi tersebut, mempertimbangkan dampak dan keberlanjutannya.	Menganalisis dan menyelidiki alternatif solusi atas permasalahan yang diberikan.
Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	Guru mengarahkan peserta didik tiap kelompok untuk menyajikan hasil hasil diskusi kelompok yang memuat alternatif solusi keberlanjutan dari isu yang disajikan di <i>e</i> -LKPD beserta alasannya.	Mengomunikasikan alternatif solusi di hadapan guru dan teman sekelas.
Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	Guru membimbing presentasi dan mendorong kelompok lain untuk memberikan kritik serta saran kepada kelompok yang presentasi. Kemudian guru mengevaluasi tanggapan peserta didik terhadap solusi yang diberikan kemudian mengarahkan siswa untuk dapat menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari.	Menerapkan solusi untuk menyelesaikan permasalahan tersebut

2.2 *E*-LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik)

Pada abad 21 ini perlu adanya pelibatan pemanfaatan teknologi dalam proses kegiatan belajar mengajar. Oleh karena itu diperlukan bahan ajar yang sesuai dengan perkembangan kurikulum dan pemanfaatan teknologi (Handayani & Djukri, 2024). *E*-LKPD merupakan salah satunya yaitu suatu bahan ajar yang menyajikan simulasi - simulasi dengan menggabungkan teks, animasi, video, gambar, serta didukung adanya panduan menjadikan pengguna lebih interaktif (Hidayah, 2022). Lembar kerja elektronik merupakan salah satu alat pembelajaran berbentuk LKPD yang desain penggunaannya dibantu oleh internet dengan susunan sistematis dalam format elektronik. LKPD elektronik yang difasilitasi dengan gambar, video pembelajaran, dan audio menjadikan LKPD elektronik menarik sehingga pembelajaran lebih interaktif dan pemahaman siswa diperkuat. *e*-LKPD menjadi salah satu bahan ajar yang paling efektif, interaktif, dan inovatif.

Selain itu, *e*-LKPD menjadi salah satu alternatif bahan ajar bagi guru untuk memudahkan proses pembelajaran bagi guru dan siswa, sehingga tercipta interaksi yang efektif (Handayani & Djukri, 2024). LKPD elektronik ini dapat diakses melalui komputer, laptop, atau *smartphone*. Di dalam LKPD terdapat topik pembelajaran yang akan dilaksanakan oleh siswa serta identitas siswa. Pembelajaran tidak monoton karena *e*-LKPD ini dilengkapi dengan berbagai fitur seperti video, gambar, dan teks.

Adapun karakteristik yang dimiliki oleh *e*-LKPD Seperti yang dikatakan oleh Humalik (2016), berpendapat bahwa karakteristik *e*-LKPD perlu memperhatikan:

1. LKPD yang dikembangkan berbasis daring (*website*).
2. Dilengkapi dengan video, suara dan gambar yang memudahkan siswa memvisualisasikan materi yang bersifat abstrak.
3. Memiliki tampilan yang tentunya menarik perhatian siswa.

4. Nilai dari hasil kerja siswa akan langsung ternilai setelah siswa selesai mengerjakan latihan soal (Nurafriani & Mulyawati, 2023).

Karakteristik yang dimiliki oleh *e*-LKPD mencakup berbagai poin penting yang harus ada di dalamnya, karena *e*-LKPD yang sesuai dengan karakteristik tersebut akan mendukung kegiatan belajar mengajar (Nurafriani & Mulyawati, 2023). Sebagai bahan ajar, *e*-LKPD berfungsi untuk mendukung setiap aktivitas belajar peserta didik sehingga terdokumentasi dengan jelas dan lengkap.

Menurut Sudjana Djamarah dan Zain (dalam Kosasih, 2021), beberapa fungsi atau manfaat LKPD adalah sebagai berikut :

1. Sebagai sumber penunjang dalam mewujudkan situasi belajar mengajar yang efektif.
2. Sebagai sumber penunjang dalam melengkapi proses belajar mengajar supaya lebih menarik perhatian peserta didik
3. Sebagai sarana dalam mempercepat proses belajar mengajar, dan membantu peserta didik dalam menangkap pengertian yang diberikan guru.
4. Sebagai sumber kegiatan peserta didik yang lebih aktif dalam pembelajaran
5. Sebagai sarana di dalam menumbuhkan pemikiran yang teratur dan berkesinambungan pada peserta didik.
6. Sebagai sarana dalam meningkatkan mutu belajar mengajar karena pemahaman dan hasil belajar yang dicapai peserta akan lebih bertahan lama.

Selain itu, *e*-LKPD memiliki kelebihan dan kekurangan. Menurut Apriyani & Mulyatna, (dalam Nurafriani & Mulyawati, 2023). Keunggulan *e*-LKPD antara lain :

- a. Siswa dapat mengakses materi dan soal-soal dari mana saja serta melakukan interaksi secara multiarah.
- b. Siswa dapat memanfaatkan perangkat mereka dalam pembelajaran, bukan hanya untuk bermain game atau bersosial media.

- c. Siswa dapat mengenal metode pembelajaran yang baru dan menarik.
- d. Penyajian materi dan soal-soal dalam *e*-LKPD lebih menarik, yang dapat meningkatkan minat belajar siswa.

Sementara itu, kekurangan yang diungkapkan oleh Syahfitri & Tressyalina (dalam Nurafriani & Mulyawati, 2023) antara lain adalah jika petunjuk penggunaan *e*-LKPD tidak sesuai, maka siswa akan kesulitan menggunakan *e*-LKPD tersebut dan pembuktian secara langsung dengan melakukan praktikum dan percobaan membutuhkan alat-alat yang memadai dan waktu yang panjang sehingga membutuhkan waktu yang lama dalam mendapatkan hasil pembuktian.

2.3 Kemampuan Berpikir Kritis

Berpikir kritis merupakan proses intelektual dalam menemukan, menganalisis, dan mengevaluasi informasi yang diperoleh dari observasi dan pengalaman, yang kemudian digunakan untuk membuat penilaian dalam mengambil tindakan (Umami & Indana, 2023). Berpikir kritis mendefinisikan proses yang aktif, sistematis, saling berhubungan (kompleks) seperti kegiatan membaca, menulis, berbicara dan mendengarkan sehingga dapat meningkatkan pemahaman konsep yang dilanjutkan dengan pengumpulan informasi secara aktif sehingga memperoleh hasil dan keputusan yang tepat serta membekali siswa untuk menghadapi tantangan di masa depan.

Menurut Husnidar dkk (dalam Yulanda dkk, 2023), penalaran yang mempunyai tujuan mengumpulkan informasi sehingga menghasilkan keputusan yang masuk akal dan diarahkan pada keyakinan terhadap sesuatu. Proses mempercayai informasi melalui pertimbangan dan evaluasi informasi sehingga siswa dapat mengambil keputusan. Terdapat lima kategori kemampuan berpikir kritis menurut Ennis (2011) mengidentifikasi lima kategori kemampuan berpikir kritis, yang berfungsi sebagai indikator bahwa seseorang telah berpikir kritis. Kelima

kategori tersebut dapat dijelaskan lebih lanjut dalam beberapa bagian sebagai berikut:

Tabel 3. Indikator Kemampuan Berpikir Kritis

No.	Indikator	Sub Indikator
1	Memberikan penjelasan sederhana	a Memfokuskan pertanyaan b Menganalisis pertanyaan c Bertanya dan menjawab pertanyaan
2	Membangun keterampilan dasar	a Mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya atau tidak b Mengobservasi, mempertimbangkan laporan observasi
3	Menyimpulkan	a Melakukan dan mempertimbangkan hasil deduksi b Melakukan dan mempertimbangkan hasil induksi c Membuat dan menentukan nilai pertimbangan
4	Memberikan penjelasan lanjut	a Mendefinisikan, mempertimbangkan suatu definisi b Mengidentifikasi asumsi-asumsi
5	Mengatur strategi dan taktik	a Menentukan suatu tindakan b Berinteraksi dengan orang lain

Sumber : (Ennis, 2011)

Kemampuan berpikir kritis merupakan hal yang mendasar untuk dikuasai siswa karena mempunyai beberapa manfaat, diantaranya siswa lebih terampil dalam mengkonstruksi argumen, memeriksa kredibilitas sumber, atau mengambil keputusan dan membantu siswa menerapkan pembelajaran yang diterima di sekolah dengan permasalahan di dunia nyata yang dihadapinya. Jusriani (2022) menjelaskan bahwa terdapat korelasi positif antara berpikir kritis dan peningkatan pola pikir anak. Anak yang mampu berpikir kritis cenderung memiliki karakter yang baik. Selain itu, Mulyani (2022) menyatakan bahwa perbedaan dalam kemampuan berpikir kritis di antara siswa akan memengaruhi hasil belajar dan pemahaman mereka. Siswa yang memiliki kemampuan berpikir kritis yang rendah biasanya memerlukan bantuan dalam memecahkan masalah, sedangkan siswa dengan kemampuan berpikir kritis yang tinggi dapat menerima

pembelajaran dengan baik dan menguasai materi secara maksimal (Umami & Indana, 2023).

2.4 Kemampuan Komunikasi Lisan

Komunikasi berasal dari bahasa latin (*communicare*) yang berarti berbagi (*sharing*) adalah kegiatan menyampaikan informasi melalui pertukaran pikiran, pesan atau informasi dengan ucapan visual, isyarat, tulisan atau perilaku. Komunikasi adalah pengiriman dan penerimaan pesan atau berita antara dua orang atau lebih sehingga pesan yang dimaksud dapat dipahami. Dari pengertian tersebut dapat dikatakan bahwa komunikasi adalah proses penyampaian pesan dari seseorang kepada orang lain baik secara langsung (lisan) maupun tidak langsung (Nurfajriah dkk, 2022). Sementara itu, merupakan kemampuan seseorang dalam interaksi melalui pembicaraan dan umpan balik yang dapat diberikan secara langsung. Pengertian komunikasi lisan ialah bentuk komunikasi dengan mengucapkan kata-kata secara lisan dan langsung kepada lawan bicaranya. Biasanya komunikasi lisan dapat dilakukan pada kondisi para personal atau individu yang berkomunikasi berhadapan langsung (Pratiwi dkk, 2022).

Kemampuan berkomunikasi sangat penting untuk dikuasai siswa agar siswa dapat memperoleh informasi yang diterima dan menyampaikan informasi dengan tepat sehingga terjadi pembelajaran bermakna (Nurfajriah dkk, 2022). Melalui komunikasi, siswa akan mampu memahami suatu konsep dengan menuliskan atau menjelaskannya, termasuk memberikan alasan terhadap proses berpikirnya. Melalui tulisan maupun lisan, siswa akan mampu membangun pemahaman terhadap ide-ide yang telah dipelajarinya ide-ide mereka sendiri secara sistematis. Komunikasi lisan seperti berdiskusi dan menjelaskan (Triana dkk, 2019).

Safitri dkk (2022), menyatakan bahwa ada beberapa aspek komunikasi lisan yang diharapkan dapat dikuasai oleh peserta didik, yaitu:

1. Peserta didik diharapkan dapat berbicara dengan sopan mengenai berbagai topik yang dikenal, menggunakan volume dan intonasi yang sesuai dengan konteks.
2. Peserta didik mampu memberikan respons dengan mengajukan pertanyaan, menjawab, dan menanggapi komentar dari orang lain (teman, guru, dan orang dewasa) dengan baik dan sopan dalam sebuah percakapan.
3. Peserta didik dapat menyampaikan gagasan secara lisan, baik dengan atau tanpa bantuan gambar/ilustrasi.
4. Peserta didik mampu menceritakan kembali informasi yang telah dibaca atau didengar, serta menceritakan kembali teks narasi yang dibacakan atau dibaca dengan topik yang berkaitan dengan diri dan lingkungan (Musriyono & Winanto, 2023).

Selanjutnya, Rustaman, (2005) mengungkapkan mengenai indikator keterampilan komunikasi lisan yaitu:

Tabel 4. Indikator keterampilan komunikasi Lisan

No.	Indikator
1	Mampu mengungkapkan pendapat dan mendengarkan pendapat orang lain.
2	Mampu menguasai materi yang akan disampaikan.
3	Menyampaikan hasil diskusi dengan cara yang sistematis dan jelas.
4	Mengajukan pertanyaan kepada guru dan siswa lainnya.
5	Mampu memberikan jawaban atas pertanyaan dari guru dan siswa lainnya.

Sumber : (Maulida dkk, 2021).

Kemampuan komunikasi lisan mengacu pada kemampuan individu untuk memproduksi dan memahami bahasa lisan dengan tepat, sehingga dapat dipahami oleh orang lain, baik dalam situasi umum maupun dalam pembelajaran. Hal ini mencakup ujaran yang tepat dan memahami pesan dari lawan bicara. Menurut Hutagalung (2011), agar komunikasi dapat berlangsung secara efektif, terdapat beberapa cara yang dapat diterapkan yaitu:

1. Melihat lawan bicara
2. Suaranya terdengar jelas
3. Ekspresi wajah yang menyenangkan
4. Tata bahasa yang baik, dan
5. Pembicaraan mudah dimengerti, singkat dan jelas (Musriyono & Winanto, 2023).

Selain itu, Rohaina (2020) mengemukakan bahwa ada lima faktor yang memengaruhi perkembangan bahasa pada anak, yang pada gilirannya berdampak pada kemampuan mereka dalam berkomunikasi, yaitu :

1. Umur anak dan faktor fisik
2. Kondisi lingkungan tempat anak tumbuh dan berkembang
3. Kecerdasan anak
4. Status sosial ekonomi keluarga
5. Keadaan fisik anak (Musriyono & Winanto, 2023).

Kemampuan berkomunikasi lisan anak sebagai kemampuan seorang anak, untuk mengungkapkan makna atau ide yang dimaksudkan kepada orang lain melalui penggunaan bahasa lisan agar pesan tersebut dapat dipahami oleh orang lain. Sementara itu menurut Kristanti (2018) mengungkapkan bahwa kemampuan berkomunikasi peserta didik mengacu pada kemampuan peserta didik untuk secara verbal dan nonverbal mengungkapkan pengetahuan, ide, dan pemikiran mereka dalam konteks pembelajaran (Musriyono & Winanto, 2023).

2.5 Materi Pokok Perubahan Lingkungan

Pada penelitian ini materi yang akan digunakan yaitu materi Perubahan Iklim kelas X, fase E semester genap. Tujuan pembelajaran yang akan dicapai yaitu sebagai berikut:

1. Peserta didik dapat menguraikan faktor penyebab perubahan iklim
2. Peserta didik dapat mendeteksi gejala perubahan iklim.
3. Peserta didik dapat mengaitkan faktor penyebab terhadap dampak perubahan iklim.
4. Peserta didik dapat merancang solusi untuk mengatasi permasalahan pada isu lokal dan global pada perubahan iklim

Adapun keluasan dan kedalamannya sebagaimana tercantum dalam Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Keluasan dan Kedalaman Materi

Keluasan	Kedalaman
Perubahan Iklim	1. Pengertian perubahan iklim 1. Faktor-faktor perubahan iklim a. Peningkatan CO₂ b. Efek rumah kaca c. Aktivitas manusia 1) Aktivitas alih fungsi lahan 2) Penggunaan Freon dalam kehidupan sehari-hari 3) Aktivitas kendaraan bermotor
Gejala Perubahan Iklim	1. Peningkatan suhu di bumi 2. Mencairnya es di kutub 3. Peningkatan suhu permukaan air laut 4. Kenaikan permukaan air laut 5. Cuaca ekstrem a. El Nino b. La Nina c. Netral
Dampak Perubahan Iklim	1. Bencana alam 2. Perubahan ekosistem dan keanekaragaman hayati 3. Kesehatan manusia 4. Kerugian ekonomi
Upaya Pencegahan Iklim	1. Penggunaan energi terbarukan sebagai sumber energi yang ramah lingkungan 2. Gaya hidup berkelanjutan 3. Kerja sama global dalam rangka mengatasi perubahan global a. Perjanjian paris b. PBB

Berdasarkan keluasan dan kedalaman yang telah disebutkan diatas. Adapun ruang lingkup pada materi perubahan lingkungan yaitu sebagai berikut:

A. Perubahan Iklim

a. Fakta-Fakta Perubahan Iklim

1. Peningkatan suhu permukaan air laut

Menurut data yang dirilis oleh Badan Pengamat Kondisi Samudera dan Atmosfer Amerika (NOAA), suhu samudra global mengalami peningkatan sebesar 0,02 °C pada Agustus 2019. Permukaan laut mencapai suhu tertinggi yang pernah tercatat sepanjang sejarah pada tahun 2019. Suhu air laut meningkat antara dua hingga tiga derajat Celsius dibandingkan dengan kondisi tiga hingga lima juta tahun yang lalu. Ekosistem laut adalah ekosistem yang paling rentan terhadap peningkatan suhu.

Suhu perairan memiliki dampak signifikan terhadap karang. Peningkatan suhu perairan menyebabkan terjadinya pemutihan (*bleaching*) pada karang, yang mengakibatkan kesulitan dalam pertumbuhannya dan meningkatkan kerentanannya terhadap penyakit, sehingga dapat menyebabkan kematian massal. Seperti yang kita ketahui, karang merupakan habitat bagi berbagai biota laut. Ketika karang mengalami kerusakan, maka kehidupan biota laut lainnya juga terancam.



Gambar 1. Makhluk Hidup yang Bergantung pada Suhu Permukaan Air Laut

Sumber: (Puspaningsih dkk, 2021)

Beberapa spesies memiliki siklus hidup dan proses reproduksi yang dipengaruhi oleh suhu. . Contohnya adalah udang Krill. Udang ini bereproduksi dalam jumlah yang sedikit jika suhu perairan meningkat. Begitu pula penyu, jenis kelamin anakan penyu dipengaruhi suhu. Jika suhu perairan hangat maka anakan penyu dominan betina sedangkan jika perairan dingin maka anakan penyu dominan jantan. Dengan demikian peningkatan suhu dapat mempengaruhi populasi organisme laut dan menyebabkan kepunahan dan penyebaran spesies dan juga penyakit laut.

2. Mencairnya es di kutub

Sekitar 90% dari total hamparan daratan es di Bumi terletak di Antartika, sementara 10% sisanya berada di lapisan es Greenland. Es yang terdapat di Antartika dan Greenland berfungsi sebagai pelindung bagi Bumi dan lautan. Jika dilihat dari luar angkasa, es ini tampak seperti hamparan atau bintik-bintik putih cerah. Warna putih tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam memantulkan gelombang atau panas, sehingga berfungsi untuk memantulkan kelebihan panas kembali ke luar angkasa, menjaga suhu Bumi tetap stabil. Akibatnya, kutub utara menjadi lebih dingin dibandingkan dengan bagian Bumi lainnya, dan hilangnya es di kutub dapat memperburuk kondisi peningkatan suhu permukaan Bumi. Gambar 3 menunjukkan bahwa rata-rata penurunan luas es per dekade antara Januari 1979 hingga 2014 mencapai 3,2%. Dari tahun 1994 hingga 2017, Bumi telah kehilangan sekitar 28 triliun ton es. Jejak-jejak dari permukaan gletser ini memberikan informasi mengenai proses peningkatan suhu Bumi seiring berjalannya waktu.



Gambar 2. Grafik luas es laut Arktik
Sumber: (Puspaningsih dkk, 2021)

Perubahan kondisi gletser es di kutub dapat berdampak pada kelangsungan hidup makhluk hidup yang mendiami daerah tersebut. Makhluk hidup berusaha beradaptasi dengan perubahan kondisi habitatnya, namun tidak semua spesies mampu melakukan hal ini. Salah satu hewan yang tinggal di daerah kutub dan terpengaruh oleh perubahan gletser es adalah beruang es. Beruang es terpaksa mencari makanan di daratan karena banyak es di lautan yang telah mencair. Penurunan area berburu beruang es tentunya mengurangi peluang mereka untuk bertahan hidup, yang pada gilirannya dapat menurunkan populasi beruang es. Jika kondisi ini terus berlanjut, beruang es berisiko mengalami kepunahan.

3. Kenaikan permukaan air lautan

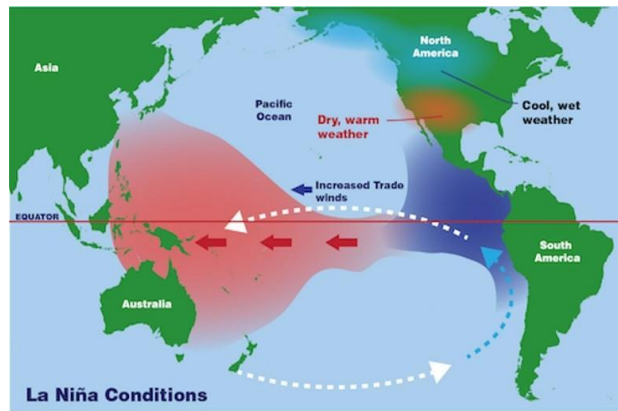
Salah satu konsekuensi dari mencairnya es di kutub adalah kenaikan permukaan air laut, karena air yang dihasilkan dari pencairan es akan mengalir ke laut dan meningkatkan ketinggian permukaan air. Menurut data yang dirilis oleh NASA, secara global, permukaan air laut telah meningkat sebesar 97 mm, dengan rata-rata peningkatan sekitar 3,3 mm per tahun. Dampak dari kenaikan ketinggian permukaan air laut ini akan sangat dirasakan oleh masyarakat Indonesia yang tinggal di daerah pesisir. Mereka akan menghadapi bencana banjir rob dan

peningkatan permukaan air yang lebih tinggi saat terjadi pasang, yang akan semakin sering terjadi.

4. Cuaca ekstrem

Pada akhir bulan Oktober 2020, curah hujan di wilayah Indonesia begitu tinggi. BMKG memprediksi peningkatan akumulasi curah hujan akibat fenomena La Niña terkait potensi curah hujan yang akan naik sebesar 20% sampai dengan 40%.

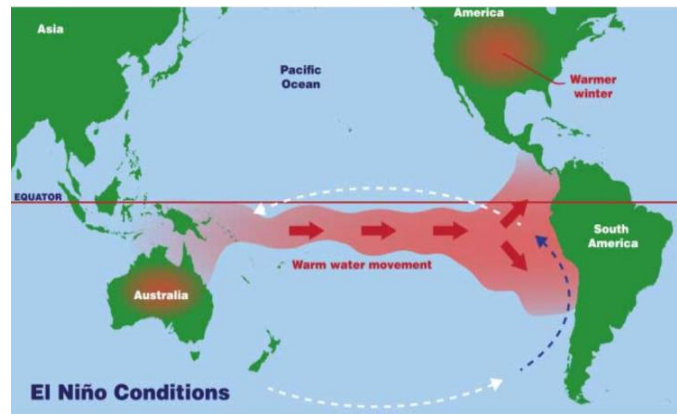
a) El Niño



Gambar 3. Peristiwa El Niño di Indonesia
Sumber: (Puspaningsih dkk, 2021)

Peristiwa El Niño adalah fenomena yang ditandai dengan peningkatan suhu permukaan laut di bagian timur dan tengah Samudera Pasifik tropis di atas rata-rata normal. Dampak dari peristiwa El Niño di Indonesia adalah penurunan curah hujan, sementara di wilayah Samudera Pasifik tropis, curah hujan justru meningkat. Angin permukaan pada tingkat rendah yang biasanya bergerak dari timur ke barat (angin timur) di sepanjang ekuator mengalami perubahan arah, sehingga angin beralih menjadi bertiup dari barat ke timur (angin barat).

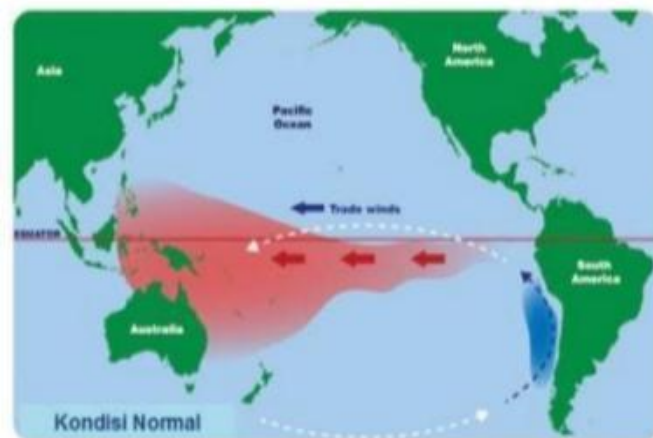
b) La Niña



Gambar 4. Peristiwa La Niña di Indonesia
Sumber: (Puspaningsih dkk, 2021)

Peristiwa La Niña adalah fenomena yang ditandai dengan penurunan suhu permukaan laut di bagian timur dan tengah Samudera Pasifik tropis di bawah rata-rata normal. Dampak dari peristiwa La Niña di Indonesia adalah peningkatan curah hujan, sedangkan di wilayah Samudera Pasifik tropis, curah hujan justru mengalami penurunan. Angin timur laut yang biasanya berhembus di sepanjang ekuator menjadi lebih kuat selama peristiwa ini.

c) Netral



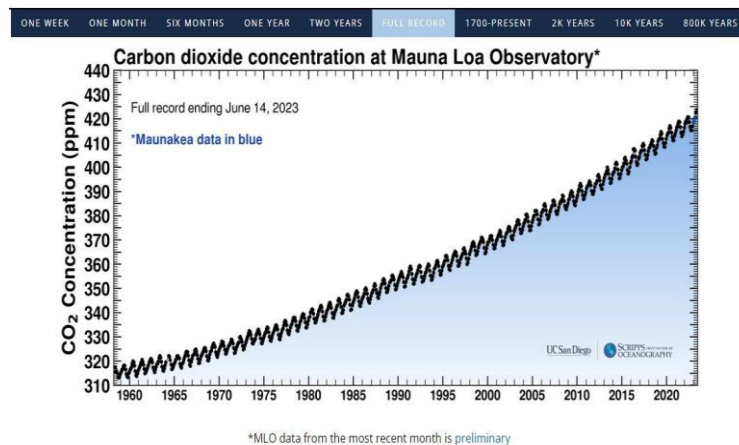
Gambar 5. Kondisi Netral
Sumber: (Puspaningsih dkk, 2021)

Kondisi netral bukanlah keadaan El Niño atau La Niña, melainkan situasi di mana suhu permukaan laut di Samudera Pasifik tropis umumnya mendekati rata-rata. Fenomena El Niño dan La Niña memiliki dampak signifikan terhadap kehidupan makhluk hidup. Di sisi lain, di daerah yang mengalami musim kemarau yang panjang, intensitas kebakaran hutan cenderung meningkat. Hal ini disebabkan oleh kekeringan yang dialami oleh banyak tumbuhan akibat kekurangan air. Akibatnya, populasi tumbuhan dapat menurun, bahkan berpotensi menyebabkan kepunahan spesies tanaman tertentu.

b. Faktor Penyebab dan Dampak Perubahan Iklim

1. Peningkatan kadar CO₂

*Latest CO₂ reading: 423.98 ppm



Gambar 6. Kadar Peningkatan CO₂

Sumber: (Puspaningsih dkk 2021)

Peningkatan kadar CO₂ di atmosfer telah dicatat sejak tahun 1958 oleh ilmuwan Charles David Keeling. Para ilmuwan kemudian melacak data akumulasi CO₂ di atmosfer Bumi menggunakan kurva Keeling, yang diukur secara terus-menerus dari Observatorium Mauna Loa di Hawaii. Peningkatan kadar CO₂ ini telah berlangsung

sejak zaman Eosen, yaitu periode dalam skala geologi yang terjadi sekitar 60–40 juta tahun yang lalu. Penelitian mengenai sejarah kadar CO₂ ini penting karena memberikan bukti yang kuat tentang hubungan antara tingkat CO₂ dan pemanasan iklim. Dengan mempelajari perubahan iklim di masa lalu, kita dapat memprediksi pemanasan global di masa depan dengan lebih akurat.

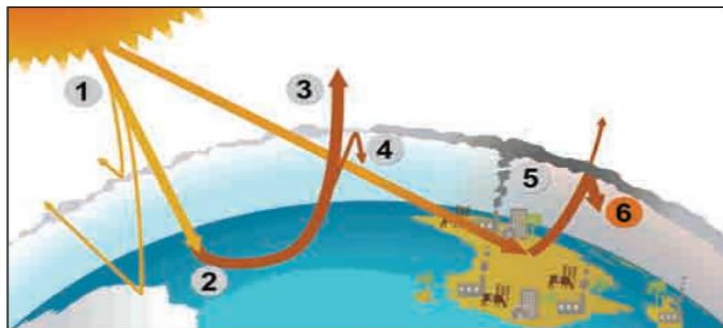
Kadar CO₂ yang tercatat 60 tahun lalu adalah 315 ppm, namun angka tersebut terus meningkat dan melampaui 410 ppm pada tahun 2018. Catatan terbaru pada 11 Februari 2021 menunjukkan kadar CO₂ mencapai 417,21 ppm, yang berarti terdapat 417,21 mg CO₂ dalam satu juta mg udara. Kadar CO₂ di atmosfer sebagian besar merupakan hasil dari aktivitas manusia, terutama dari penggunaan bahan bakar fosil untuk kegiatan industri dan transportasi. Bahan bakar ini digunakan melalui proses pembakaran, di mana gas CO₂ yang dihasilkan diemisikan ke atmosfer sekitar 57%, sementara sisanya diserap oleh laut dan melalui proses fotosintesis. Jumlah atom karbon tetap konstan, baik dalam bentuk CO₂ di udara maupun dalam bentuk senyawa lainnya di luar emisi CO₂. Oleh karena itu, pengurangan emisi CO₂ di udara menjadi sangat penting.

2. Efek rumah kaca

Atmosfer Bumi memiliki sistem yang mirip dengan rumah kaca. Fenomena di mana udara hangat terperangkap di Bumi dikenal sebagai efek rumah kaca. Sumber utama panas permukaan Bumi adalah sinar Matahari. Energi yang dipancarkan oleh Matahari sampai ke Bumi dalam bentuk radiasi, yang kemudian berubah menjadi panas di permukaan Bumi. Energi Matahari yang mencapai permukaan Bumi dimanfaatkan untuk berbagai aktivitas manusia, seperti mengeringkan pakaian, mengeringkan hasil pertanian, dan pembangkit tenaga listrik. Radiasi ini merupakan gelombang

pendek yang bersuhu hangat. Sebagian dari gelombang pendek ini tidak sepenuhnya diserap oleh permukaan Bumi, melainkan dipantulkan kembali ke luar angkasa dalam bentuk gelombang inframerah, sehingga suhu permukaan Bumi tetap terjaga.

Gas-gas yang menyebabkan efek rumah kaca, seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), klorofluorokarbon (CFC), nitrogen monoksida (NO_2), nitrogen dioksida (NO), dan belerang dioksida (SO_2), berada di atmosfer Bumi dan menyerap energi dari gelombang dengan panjang gelombang antara 5 hingga 50 nm. Molekul-molekul gas rumah kaca menyerap energi untuk bergetar dan berotasi, dan sebagian besar energi tersebut dipancarkan kembali ke permukaan Bumi. Akibatnya, gelombang inframerah tidak dapat dilepaskan ke luar angkasa, melainkan dipantulkan kembali ke Bumi, sehingga suhu rata-rata 15°C untuk permukaan Bumi dari efek rumah kaca dapat tercapai. Dalam kondisi normal, efek rumah kaca berfungsi untuk menjaga agar suhu antara siang dan malam tidak terlalu berbeda dan menjaga suhu Bumi tetap hangat. Jika atmosfer Bumi kekurangan gas rumah kaca, suhu Bumi akan menurun dan permukaan Bumi dapat tertutup es.



Gambar 7. Efek Rumah Kaca
Sumber: (Puspaningsih dkk, 2021)

Langkah 1: Radiasi matahari mencapai atmosfer bumi, beberapa diantaranya dipantulkan kembali ke luar angkasa.

Langkah 2: Sisa energi matahari diserap oleh daratan dan lautan, memanaskan Bumi.

Langkah 3: Panas memancar dari Bumi menuju ruang angkasa.

Langkah 4: Sebagian dari panas ini terperangkap oleh gas rumah kaca di atmosfer, menjaga Bumi tetap hangat untuk menopang kehidupan.

Langkah 5: Aktivitas manusia seperti membakar bahan bakar fosil, pertanian dan pembukaan lahan meningkatkan jumlah gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer.

Langkah 6: Gas rumah kaca ini memerangkap panas ekstra, dan menyebabkan suhu bumi naik.

3. Aktivitas Manusia

Salah satu faktor yang menyebabkan peningkatan suhu permukaan Bumi adalah fenomena efek rumah kaca, yang disebabkan oleh akumulasi gas rumah kaca di atmosfer Bumi, termasuk gas CO₂ yang dihasilkan dalam jumlah besar oleh aktivitas manusia. Berikut adalah beberapa aktivitas yang menghasilkan gas CO₂. yaitu :

a) Kegiatan alih fungsi lahan

Alih fungsi lahan, terutama lahan hutan, tidak hanya mengurangi habitat bagi hewan dan tumbuhan serta mengganggu keanekaragaman hayati, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan suhu global. Salah satu cara umum untuk melakukan alih fungsi lahan adalah dengan membakar hutan, yang mengakibatkan pelepasan gas rumah kaca (CO₂) dan gas karbon monoksida (CO) yang berbahaya bagi kesehatan. Selain itu, praktik pembalakan liar yang sering terjadi juga berkontribusi pada penurunan populasi pohon di hutan.

Pembalakan liar adalah kegiatan yang meliputi pemanenan pohon hutan, pengangkutan, dan penjualan kayu atau produk olahan kayu tanpa izin dari otoritas setempat. Kegiatan ini sering kali tidak terkontrol dan mengakibatkan berkurangnya populasi tanaman yang berperan dalam menghasilkan gas O_2 dan menyerap CO_2 . Gas CO_2 adalah salah satu gas rumah kaca, dan semakin tinggi konsentrasi gas rumah kaca, semakin tinggi pula suhu Bumi.

b) Penggunaan Freon dalam Kehidupan Sehari-hari

Freon adalah nama dagang untuk senyawa klorofluorokarbon (CFC), yang terdiri dari tiga jenis atom, yaitu klor (Cl), fluor (F), dan karbon (C). Klorofluorokarbon sering disingkat dan disebut sebagai CFC. Freon biasanya berbentuk gas tidak berwarna atau cairan yang juga tidak berwarna dan mudah menguap pada suhu kamar. Beberapa senyawa Freon yang umum digunakan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

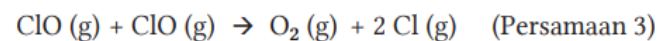
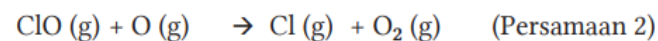
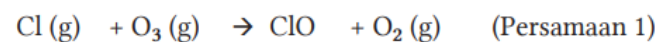
Tabel 6. Jenis-jenis Freon

Jenis Freon	Rumus molekul	Nama kimia
Freon 11	CCl_3F	triklorofluorometana
Freon 12	CCl_2F_2	diklorodifluorometana
Freon 22	$CHClF_3$	klorotrifluorometana
Freon 113	$C_2Cl_3F_3$	triklorotrifluoroetana
Freon 114	$CClF_2CClF_2$	diklorotetrafluoroetana
Freon 115	$CClF_2CF_3$	kloropentafluoroetana

Freon 11, 12, dan 22 banyak digunakan sebagai bahan pendingin dalam sistem pendingin ruangan, seperti AC dan kulkas, serta dalam produk aerosol. Pada tahun 1987, Perjanjian Montreal yang disepakati oleh PBB membatasi penggunaan Freon. Ozon (O_3) adalah molekul yang terdiri dari

atom oksigen, dan sekitar 90% ozon berada di lapisan stratosfer, yang terletak pada ketinggian 15-30 km di atas permukaan Bumi. Berbeda dengan ozon yang terdapat di lapisan troposfer atau di permukaan tanah, ozon di lapisan stratosfer berfungsi baik karena dapat menyaring sebagian besar radiasi sinar ultraviolet tipe B yang berbahaya.

Namun, terdapat reaksi kimia yang menyebabkan penipisan ozon, bahkan dapat membentuk lubang pada lapisan ozon. Di lapisan stratosfer, terdapat molekul klorin monoksida (ClO), yang merupakan senyawa paling banyak dan paling reaktif di lapisan tersebut. Sumber tambahan atom klorin yang berasal dari aktivitas manusia adalah penggunaan senyawa klorofluorocarbon (CFC). Ketika CFC mencapai lapisan stratosfer, radiasi UV dengan energi tinggi akan mengurai CFC dan menghasilkan Cl. Reaksi ClO di atmosfer dapat dijelaskan dengan persamaan reaksi kimia berikut.:



(dengan bantuan sinar ultraviolet)

Berdasarkan persamaan reaksi kimia tersebut, dapat disimpulkan bahwa jumlah ozon akan semakin berkurang. Penipisan ozon memiliki dampak negatif yang signifikan, termasuk peningkatan risiko penyakit kanker, katarak, dan gangguan sistem imun pada manusia. Selain itu, penipisan ozon juga dapat menyebabkan kerusakan pada ekosistem laut dan menurunkan produktivitas tanaman.

c) Aktivitas kendaraan bermotor

Udara merupakan faktor yang sangat penting bagi kehidupan. Dengan meningkatnya aktivitas kendaraan bermotor, emisi gas buang dari proses pembakaran juga meningkat, yang menyebabkan pencemaran udara, terutama di daerah perkotaan, mencapai sekitar 70%. Gas buang dari reaksi pembakaran ini mengandung nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida (SO_2), karbon monoksida (CO), metana (CH_4), serta pencemar partikulat seperti hidrokarbon dan logam timbal.

Bahan bakar untuk kendaraan bermotor, baik bensin maupun solar, berasal dari minyak bumi yang mengandung atom karbon (C) dan hidrogen (H), yang merupakan senyawa hidrokarbon (C_xH_y). Contoh senyawa hidrokarbon tersebut adalah heptana (C_7H_{16}) dan isooktana (C_8H_{18}).

Udara sebagian besar terdiri dari gas nitrogen (N_2) dan gas oksigen (O_2). Dengan adanya gas oksigen dalam udara dan kondisi suhu serta tekanan yang tinggi di dalam mesin kendaraan bermotor, hidrokarbon C_xH_y diubah menjadi gas karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O). Namun, sering kali terjadi kondisi kekurangan udara atau kekurangan gas oksigen di dalam mesin kendaraan, yang menyebabkan reaksi kimia menghasilkan gas beracun, yaitu karbon monoksida (CO) dan partikulat hidrokarbon (HC).

Penggunaan alat katalitik konverter pada mesin kendaraan bermotor dapat mengurangi emisi gas beracun, meskipun gas karbon dioksida (CO_2) tetap dihasilkan. Hal ini akan terus berkontribusi pada pemanasan global. Selain itu, gas-gas buang

ini dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk penyakit kanker, gangguan pernapasan, gangguan pada sistem metabolisme tubuh, fungsi hati, kinerja hemoglobin dan darah, serta penurunan tingkat kecerdasan.

c. Upaya Mengatasi Pemanasan Global

1. Penggunaan energi terbarukan

Salah satu alasan utama untuk menggunakan energi terbarukan adalah karena sumber energi ini lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan sumber energi tak terbarukan, seperti bahan bakar fosil, yang merupakan penyumbang terbesar emisi CO₂ saat ini dalam sektor penyediaan energi. Selain itu, pengembangan teknologi yang ramah lingkungan dan memanfaatkan sumber energi terbarukan juga merupakan langkah penting yang dapat diambil.

Beberapa contoh pengembangan teknologi yang masih dalam tahap pengembangan atau riset saat ini adalah sebagai berikut:

- a) Teknologi kendaraan hibrida yang memanfaatkan bahan bakar listrik, serta pembangunan stasiun pengisian untuk bahan bakar listrik.
- b) Penelitian mengenai nanomaterial untuk produksi sel surya dalam skala besar dengan harga yang terjangkau bagi masyarakat dan sektor industri sebagai sumber energi listrik.
- c) Pengembangan mesin yang dapat menggunakan bahan bakar biogas, biodiesel, dan jenis bahan bakar lainnya.

2. Gaya hidup berkelanjutan

Membiasakan diri dengan beberapa kebiasaan baru yang lebih ramah lingkungan, seperti :

- a) Menggunakan sepeda atau berjalan kaki untuk perjalanan jarak dekat, serta memanfaatkan transportasi umum untuk perjalanan jarak jauh guna mengurangi konsumsi bahan bakar fosil.
- b) Memilih untuk membeli perangkat elektronik yang efisien dalam penggunaan daya.
- c) Menghabiskan waktu luang untuk berkebun di rumah.
- d) Menghemat energi dengan mengurangi penggunaan lampu di siang hari, mematikan peralatan elektronik yang tidak digunakan, mematikan lampu dan AC saat meninggalkan ruangan, serta menggunakan lampu tidur dengan daya rendah di malam hari.
- e) Memilih produk elektronik yang tidak mengandung CFC, seperti AC dan kulkas yang tidak menggunakan CFC atau Freon sebagai pendingin.

2.6 Kerangka Pikir

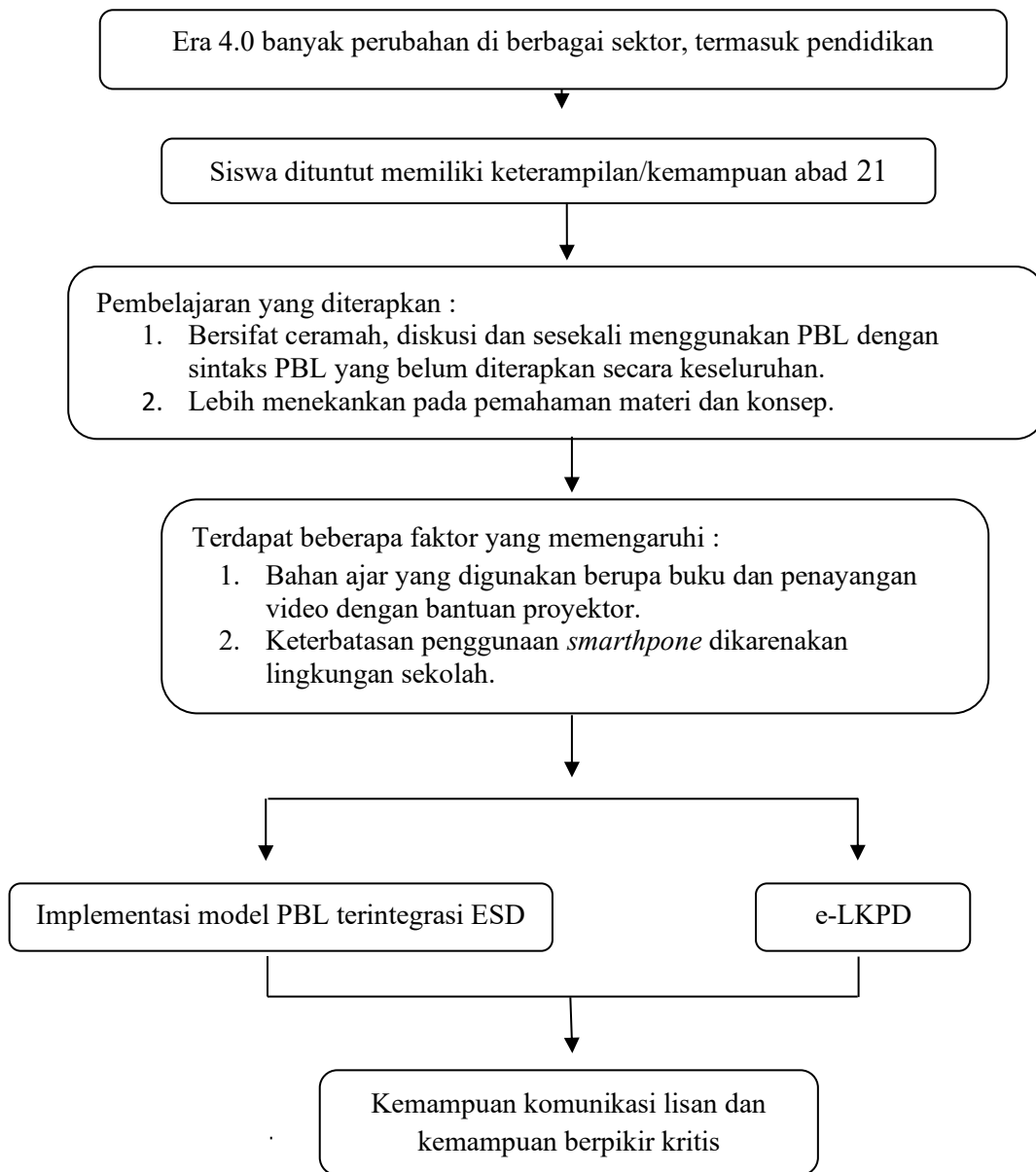
Pada era revolusi industri 4.0, terjadi perubahan signifikan di berbagai sektor kehidupan, termasuk sektor pendidikan. Agar dapat beradaptasi dan bersaing dalam kondisi dan situasi tersebut, diperlukan kesiapan sumber daya manusia yang mumpuni. Oleh karena itu siswa dituntut untuk lebih aktif dalam pembelajaran sehingga tidak hanya sebatas menyampaikan informasi saja tetapi berfokus pada pengembangan kemampuan siswa. Adapun dalam proses pendidikan yang diterapkan di sekolah, harus memuat kompetensi-kompetensi yang terkandung dalam keterampilan abad 21, diantaranya berpikir kritis dan komunikasi lisan. Dengan berpikir kritis, siswa dapat lebih terampil dalam membangun argumen, mengevaluasi kredibilitas sumber, serta membuat keputusan, yang membantu mereka mengaitkan pembelajaran di sekolah dengan masalah nyata yang mereka hadapi. Selain itu, komunikasi merupakan dasar dari

seluruh aspek di dalam kehidupan yang dapat menunjang seseorang memiliki kemampuan berpikir kritis.

Cara untuk melatih dan meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan komunikasi yaitu dengan menggunakan strategi yang tepat dengan menerapkan model pembelajaran yang dapat mendorong siswa untuk mengembangkan kemampuan tersebut. Salah satu model pembelajaran yang dapat digunakan adalah model PBL terintegrasi ESD. Model ini mengintegrasikan prinsip pembangunan berkelanjutan dengan tujuan untuk mengatasi masalah sosial, ekonomi, budaya, dan lingkungan yang dihadapi pada abad ke-21. Implementasi model PBL terintegrasi ESD bertujuan untuk menerapkan pembelajaran aktif bagi siswa dan penilaian yang berorientasi pada proses.

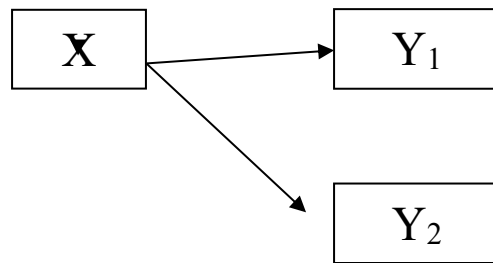
Melalui ESD yang diintegrasikan dalam model pembelajaran, siswa diberdayakan untuk berperan sebagai agen perubahan yang aktif dalam mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan, memahami dampak tindakan mereka terhadap lingkungan dan masyarakat, serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan pengambilan keputusan yang mempertimbangkan keberlanjutan, untuk mewujudkan keaktifan siswa dalam belajar, diperlukan perangkat pembelajaran yang mendukung, salah satunya melalui pemanfaatan *e-LKPD* yang dilengkapi dengan gambar, video pembelajaran, dan audio, sehingga pembelajaran menjadi lebih interaktif dan menarik, serta dapat memperkuat pemahaman siswa. Dengan menggunakan model PBL terintegrasi ESD yang didukung oleh *e-LKPD*, siswa akan lebih aktif dalam proses pembelajaran yang berorientasi pada proses dan interaktif, serta dapat melatih kemampuan berpikir kritis dan komunikasi lisan mereka, sekaligus berperan aktif sebagai agen perubahan.

Berdasarkan latar belakang masalah ini, kerangka pikir dapat disusun sebagai berikut:



Gambar 8. Kerangka Berpikir

Dalam penelitian ini, variabel independen adalah penerapan model PBL terintegrasi ESD yang didukung oleh *e-LKPD*, yang dilambangkan dengan huruf (X). Sementara itu, variabel dependen mencakup kemampuan berpikir kritis dan komunikasi lisan, yang dilambangkan dengan huruf (Y). Hubungan antara kedua variabel tersebut dapat dilihat dalam diagram di bawah ini :



Gambar 9. Hubungan antar variabel bebas dan terikat

Keterangan:

X : Model PBL terintegrasi ESD berbantuan *e*-LKPD

Y₁ : Kemampuan berpikir kritis

Y₂ : Kemampuan komunikasi lisan.

2.7 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Hipotesis Statistik:

H₀ : Tidak terdapat pengaruh model PBL terintegrasi ESD dengan menggunakan *e*-LKPD terhadap kemampuan berpikir kritis siswa secara signifikan pada materi perubahan iklim.

H₁ : Terdapat pengaruh model PBL terintegrasi ESD dengan menggunakan *e*-LKPD terhadap kemampuan berpikir kritis siswa secara signifikan pada materi perubahan iklim.

2. Hipotesis Penelitian : Adanya pengaruh pada model PBL terintegrasi ESD dengan menggunakan *e*-LKPD terhadap kemampuan komunikasi lisan siswa pada materi perubahan iklim.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di MA Al-Hikmah Bandar Lampung pada semester genap tahun ajaran 2024/2025.

3.2. Populasi dan Sampel

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas X MA Al-Hikmah Bandar Lampung sebanyak empat kelas. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah kelas X B dan X C. Sampel diambil dengan menggunakan teknik *cluster random sampling*. Alasan menggunakan teknik *Cluster random sampling* karena peneliti merandom dari jumlah populasi yang besar. Sehingga populasi dipilih berdasarkan kelompok/kelas, sehingga menghemat waktu, biaya, dan sumber daya yang dibutuhkan untuk pengumpulan data. Pada penelitian ini kelas X B sebagai kelas eksperimen yang mendapat perlakuan berupa pembelajaran menggunakan model *Problem Based Learning* (PBL) terintegrasi *Education for Sustainable Development* (ESD) berbantuan *e-LKPD* dan kelas X C sebagai kelas kontrol yang menggunakan model pembelajaran yang biasa dilakukan oleh guru dalam hal ini berupa *discovery*.

3.3 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain quasi eksperimen dengan model *Pretest – Posttest non-equivalent control group design*. Desain ini digunakan karena lebih mudah diterapkan dalam kondisi lapangan dengan menggunakan kelompok yan

ada. Selain itu, dengan adanya *pretest* dan *posttest*, peneliti dapat mengukur perubahan yang terjadi pada kedua kelompok (eksperimen dan kontrol) sebelum dan sesudah intervensi, untuk menentukan apakah terdapat perbedaan signifikan antara keduanya. Dalam pelaksanaan penelitian, peneliti memberikan perlakuan pada kelompok kelas eksperimen dengan menerapkan model *Problem Based Learning* (PBL) terintegrasi *Education for Sustainable Development* (ESD) yang didukung oleh *e-LKPD*, sementara kelompok kontrol menggunakan metode yang dapat diterapkan oleh guru, yaitu diskusi dan ceramah. Menurut Arikunto (dalam Pratiwi dkk, 2023), quasi eksperimen atau eksperimen semu adalah penelitian yang bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya dampak dari "sesuatu" yang diterapkan pada subjek penelitian.

Tabel 7. Desain Penelitian

Kelompok	<i>Pretest</i>	Variabel Bebas	<i>Posttest</i>
E	Y1	X	Y2
C	Y1	-	Y2

Sumber : (Hasnunidah, 2017)

Keterangan:

E : Kelas Eksperimen

C : Kelas Kontrol

Y1 : *Pretest*

Y2 : *Posttest*

X : Model (PBL) terintegrasi (ESD) berbantuan *e-LKPD*

3.4 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini yang akan dilakukan terdapat beberapa tahap diantaranya yaitu:

1. Tahap Persiapan (Pra-penelitian)

Kegiatan yang akan dilakukan pada tahap ini adalah:

- a. Menyusun surat permohonan izin observasi kepada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung (Dekanat) untuk meminta izin melakukan observasi di sekolah yang akan dijadikan lokasi penelitian.

- b. Melakukan observasi di sekolah yang menjadi lokasi penelitian untuk mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi guru selama proses belajar mengajar serta kondisi kegiatan pembelajaran di kelas X. Selama observasi, peneliti juga melakukan wawancara dengan guru dan menyebarkan soal kepada peserta didik kelas X untuk menilai tingkat kemampuan berpikir kritis dan komunikasi lisan siswa.
- c. Melakukan studi literatur untuk memperoleh landasan teori yang relevan terkait permasalahan yang diteliti.
- d. Menentukan sampel penelitian untuk kelas eksperimen dan kelas kontrol.
- e. Menetapkan materi yang akan digunakan dalam penelitian.
- f. Menyusun instrumen penelitian yang mencakup *e*-LKPD, soal pretest dan posttest untuk indikator berpikir kritis, kisi-kisi, modul ajar, angket, dan lembar observasi.
- g. Melakukan uji validasi terhadap instrumen penelitian dengan melibatkan dosen.
- h. Merevisi instrumen penelitian jika terdapat bagian yang tidak valid.

2. Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan yang akan dilakukan pada tahap ini adalah:

- a. Melaksanakan pretest untuk menilai pengetahuan dan kemampuan awal siswa.
- b. Memberikan perlakuan dengan menerapkan model PBL terintegrasi ESD yang didukung oleh *e*-LKPD di kelas eksperimen, sementara kelas kontrol menggunakan metode discovery learning yang biasanya diterapkan oleh guru saat mengajar.
- c. Melakukan observasi terhadap kegiatan belajar siswa untuk menilai kemampuan komunikasi lisan mereka.
- d. Melaksanakan posttest untuk mengukur peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah menerima perlakuan.

3. Tahap akhir

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah:

- a. Mengumpulkan dan menganalisis hasil dari pretest-posttest serta hasil observasi.
- b. Mengolah dan menganalisis data yang telah dikumpulkan.
- c. Membandingkan hasil analisis data antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.
- d. Menarik kesimpulan berdasarkan hasil perbandingan analisis tersebut.
- e. Menyusun laporan hasil penelitian.

3.5 Jenis dan Teknik Pengumpulan Data

Jenis dan teknik pengumpulan data pada penelitian ini adalah:

1. Jenis Data

Adapun jenis data pada penelitian ini adalah:

- a. Data Kuantitatif
Data kuantitatif dalam penelitian ini adalah hasil dari kemampuan berpikir kritis yang diperoleh dari nilai *pretest* dan *posttest* pada materi.
- b. Data Kualitatif
Data kualitatif pada penelitian ini adalah hasil dari observasi terkait kemampuan komunikasi lisan pada siswa.

2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu:

- a. Data Kuantitatif
Data mengenai kemampuan berpikir kritis yang diperoleh dari *pretest* dan *posttest*. *Pretest* dilakukan sebelum kegiatan pembelajaran untuk menilai sejauh mana kemampuan siswa sebelum menerima perlakuan, dan *posttest* pada akhir pembelajaran untuk mengukur kemampuan peserta didik setelah diberikan perlakuan. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik tes, yaitu dengan memberikan soal tes dalam bentuk uraian sebanyak 5 soal yang sesuai

dengan indikator berpikir kritis dan telah diuji validitasnya. Hasil dari tes keterampilan berpikir kritis selanjutnya akan dihitung menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Arikunto (2010) yaitu:

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Skor Perolehan}}{\text{Skor Maksimum}} \times 100$$

Penguasaan keterampilan berpikir kritis dibagi menjadi lima kategori, yaitu sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah. Kategori ini digunakan untuk menginterpretasikan tingkat penguasaan keterampilan berpikir kritis dan diadaptasi dari Riduwan (2013), yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 8. Kategori keterampilan berpikir kritis siswa

Nilai Presentase KBK	Kategori
$N > 80$	Sangat tinggi
$60 < N \leq 80$	Tinggi
$40 < N \leq 60$	Sedang
$20 < N \leq 40$	Rendah
$N \leq 20$	Sangat Rendah

Sumber : (Mukrimah dkk, 2023)

b. Data Kualitatif

Data mengenai kemampuan komunikasi lisan diperoleh melalui metode observasi mencakup indikator komunikasi lisan yang dinilai selama proses pembelajaran berlangsung. Aspek yang diamati sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan dalam lembar observasi kemampuan komunikasi lisan. Analisis data dari lembar observasi kemampuan komunikasi lisan dilakukan dengan menggunakan rumus persentase yang dikemukakan oleh Sudijono (2010), yaitu:

$$P = \frac{F}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Persentase kemampuan komunikasi lisan siswa

F = Frekuensi

N = Jumlah siswa (Yenti dkk, 2018).

Rata- rata skor kemampuan komunikasi lisan siswa dapat dilihat berdasarkan kriteria penskoran berikut:

Tabel 9. Kategori kemampuan komunikasi lisan siswa

Nilai Presentase KBK	Kategori
$x \geq 90$	Sangat tinggi
$75 \leq x < 90$	Tinggi
$60 \leq x < 75$	Sedang
$40 \leq x < 60$	Rendah
$x < 40$	Sangat Rendah

Sumber : Rachman, 2012 (dalam Safitri dkk, 2022).

3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat yang digunakan untuk mengukur dan mengumpulkan data dalam suatu penelitian. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Soal *pretest* dan *posttest* digunakan untuk menilai kemampuan berpikir kritis siswa. Tes ini dilaksanakan pada awal dan akhir pertemuan.
2. Kisi-kisi soal *pretest* dan *posttest* dirancang untuk mengukur kemampuan berpikir kritis siswa.
3. Rubrik penilaian *pretest* dan *posttest*.
4. E-LKPD berfungsi sebagai bahan ajar sekaligus media pembelajaran yang mendukung penerapan model PBL terintegrasi ESD.
5. Lembar observasi dan rubrik penilaian kemampuan komunikasi lisan.
6. Lembar respon peserta didik terhadap Model PBL terintegrasi ESD berbantuan e-LKPD dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan komunikasi lisan siswa kelas X.

3.7 Uji Instrumen

Uji yang diterapkan dalam penelitian ini bertujuan untuk menilai kemampuan berpikir kritis siswa melalui soal *pretest* dan *posttest*. Sebelum melakukan pengujian instrumen penelitian, peneliti terlebih dahulu melakukan validasi

terhadap perangkat pembelajaran dan media pembelajaran untuk menentukan kelayakan perangkat tersebut sebagai alat penelitian. Soal yang digunakan untuk mengukur kognitif peserta didik diuji validitasnya dengan meminta pendapat dari dosen ahli (Wandira, 2021). Uji validitas adalah proses yang digunakan untuk mengukur atau menunjukkan sejauh mana instrumen dapat mengukur apa yang dimaksudkan (Breurec dkk, 2016).

Pengujian validitas soal instrumen tes kemampuan berpikir kritis dalam penelitian ini dilakukan dengan meminta validasi dari dosen atau ahli di bidang biologi di FKIP Universitas Lampung. Validitas isi (*content validity*) dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan penilaian dari ahli (*judgement expert*) yang menilai kesesuaian antara instrumen dengan beberapa aspek yang diukur. Validitas isi dievaluasi dari tiga aspek, yaitu aspek konten (materi), aspek konstruksi soal, dan aspek bahasa. Aspek konten menilai kesesuaian isi materi biologi dalam soal dengan konten biologi yang digunakan, yaitu perubahan iklim. Aspek konstruksi mengukur kesesuaian isi instrumen soal, termasuk kesesuaian aspek soal dengan aspek berpikir kritis. Aspek bahasa menilai penggunaan bahasa dalam soal berdasarkan kaidah penulisan bahasa Indonesia. Penilaian instrumen dilakukan dengan menilai setiap butir instrumen menggunakan skala Likert, yaitu skala 1 (Sangat tidak baik), 2 (Tidak baik), 3 (Baik), dan 4 (Sangat baik). Berikut adalah hasil data validitas instrumen soal yang disajikan di bawah ini:

Tabel 10. Hasil Analisis Validitas Instrumen Soal

No	Kriteria soal	Nomor Soal
1.	Valid	1,2,3,4,5
2.	Tidak valid	0
Jumlah soal		5

3.7 Teknik Analisis Data

Data mengenai kemampuan berpikir kritis yang diperoleh dari penelitian akan dianalisis secara statistik menggunakan uji dua sampel bebas, yang berarti kedua

sampel tidak saling terkait. Tujuan dari uji perbedaan dua sampel bebas ini adalah untuk menentukan apakah rata-rata kedua sampel tersebut sama atau berbeda (kedua sampel dapat berasal dari satu populasi yang sama atau dari dua populasi yang berbeda, dan jumlah anggota setiap sampel tidak harus sama) (Sutiarso, 2016). Namun, sebelum melakukan uji tersebut, perlu dilakukan uji prasyarat yang mencakup uji normalitas dan uji homogenitas.

1. Analisis Hasil Data

Setelah data dikumpulkan melalui pretest dan posttest, analisis data dilakukan dengan menggunakan program SPSS (*Statistical Product and Service Solutions*) versi 25, dengan menerapkan analisis nilai *N-gain*. *N-gain* digunakan untuk mengukur peningkatan kemampuan berpikir kritis antara sebelum dan sesudah pembelajaran dengan menggunakan rumus berikut:

$$\langle g \rangle = \frac{S_{post} - S_{pre}}{S_{max} - S_{pre}}$$

Keterangan:

S_{post} = skor setelah atau post-test

S_{pre} = skor sebelum atau pre-test

S_{max} = skor maksimal.

Berdasarkan hasil yang diperoleh melalui perhitungan *N-gain*, kemudian diukur sesuai dengan kriteria berikut:

Tabel 11. Kriteria Perolehan *N-gain*

Nilai <i>N-gain</i>	Keputusan
$0,70 < (g) \leq 1,00$	Tinggi
$0,30 < (g) \leq 0,70$	Sedang
$0,00 < (g) \leq 0,30$	Rendah

Sumber: Sundayana, 2014 dalam (Hidayati dkk, 2022).

2. Uji Normalitas

Uji normalitas data berfungsi untuk mengetahui apakah data yang dihasilkan berdistribusi normal atau tidak, jika data berdistribusi normal maka dapat

menggunakan statistik parametrik, jika data tidak berdistribusi normal maka menggunakan statistik non parametrik. Uji normalitas dilakukan terhadap dua kelompok yaitu data *pretest* dan *posttest* kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Uji normalitas menggunakan uji *Shapiro-wilk*, karena uji *Shapiro-wilk* pada umumnya dipakai untuk sampel yang jumlahnya kecil.

a. Hipotesis

H_0 : Data nilai berpikir kritis berdistribusi normal

H_1 : Data nilai berpikir kritis distribusi tidak normal

b. Kriteria pengujian

Uji normalitas digunakan untuk menentukan apakah data mengikuti distribusi normal atau tidak, dengan ketentuan bahwa data dianggap berdistribusi normal jika memenuhi kriteria nilai $\text{sig} > 0,05$. Sebaliknya, jika nilai $\text{sig} < 0,05$, maka data tersebut dianggap tidak berdistribusi normal (Ismail, 2022).

3. Uji Homogenitas

Setelah uji normalitas dilakukan dan kedua data menunjukkan distribusi normal, langkah selanjutnya adalah melakukan uji homogenitas. Uji homogenitas bertujuan untuk menentukan apakah kedua kelompok memiliki varians yang sama. Uji ini akan dilaksanakan menggunakan uji Levene dengan bantuan perangkat lunak SPSS, dengan taraf signifikansi 5% atau $\alpha = 0,05$.

a. Hipotesis

H_0 : Data memiliki varians yang homogen

H_1 : Data memiliki varians yang tidak homogen

b. Kriteria Pengujian

Dasar pengambilan keputusan pada uji homogenitas sebagai berikut:
Jika nilai signifikan $\geq 0,05$, maka dapat dikatakan bahwa variansnya homogen.

Jika nilai signifikan $\leq 0,05$, maka dapat dinyatakan bahwa variansnya tidak homogen (Ulfa, 2022).

4. Uji Hipotesis

Setelah uji prasyarat (uji normalitas dan uji homogenitas) telah dilakukan maka selanjutnya melakukan uji hipotesis, pada penelitian ini menggunakan uji *Mann Witney-U*. Hal ini dikarenakan sampel memiliki data tidak berdistribusi normal, selain itu uji ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan rata-rata di kelas eksperimen dan kelas kontrol, sebelum dan sesudah diberikan perlakuan pada kelas eksperimen.

a. Hipotesis

H_0 : Tidak ada pengaruh yang signifikan pada penerapan model PBL terintegrasi ESD dengan menggunakan *e*-LKPD terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada materi Perubahan Iklim.

H_1 : Terdapat pengaruh yang signifikan pada penerapan model PBL terintegrasi ESD dengan menggunakan *e*-LKPD terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada materi Perubahan Iklim.

b. Kriteria Pengujian

Apabila nilai signifikansi atau nilai probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima. Apabila nilai signifikansi atau nilai probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak (Adawiyah dkk, 2022).

5. Interpretasi *Effect Size*

Nilai Effect Size dihitung untuk mengukur seberapa besar pengaruh model pembelajaran yang diterapkan pada sampel penelitian. Dalam penelitian ini, Effect Size dihitung menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Cohen dkk (dalam Jeremia dkk, 2020):

$$ES = \frac{M_e - M_c}{SD}$$

Keterangan:

ES = Nilai *Effect Size*

Me = Nilai rata-rata pada kelas eksperimen

Mc = Nilai rata-rata pada kelas kontrol

SD = Nilai simpangan baku gabungan

Adapun hasil perhitungan dapat diinterpretasikan mengikuti kriteria *Effect Size* menurut Cohen dkk, dalam (Jeremia dkk, 2020):

Tabel 12. Kriteria *Effect Size*

Besar <i>Effect Size</i>	Kriteria
> 1,00	Memiliki efek tinggi
0,51 – 1,00	Memiliki efek sedang
0,21 – 0,50	Memiliki efek rendah
0,00 – 0,20	Memiliki efek sangat rendah

Sumber : Cohen dkk, dalam (Jeremia dkk, 2020).

6. Analisis Data Angket Tanggapan Peserta Didik

Dalam penelitian ini, skala yang diterapkan untuk angket adalah skala Likert. Data yang diperoleh dari angket tersebut akan dianalisis menggunakan rumus berikut.:

$$\frac{\text{jumlah skor yang di jawab (n)}}{\text{jumlah pertanyaan (p) x skor maksimal pada skala likert (q)}} \times 100$$

Kriteria angket yang digunakan untuk menilai tanggapan peserta didik terhadap model pembelajaran PBL yang terintegrasi dengan ESD dan didukung oleh e-LKPD adalah sebagai berikut:

Tabel 13. Kriteria Respon Peserta Didik

Presentase	Kategori
$85\% \leq RS$	Sangat positif
$70\% \leq RS < 85\%$	Positif
$50\% \leq RS < 70\%$	Kurang positif
$RS < 50\%$	Tidak positif

Sumber: Khabibag dalam (Khairiyah, 2018).

Angket ini bertujuan untuk mengumpulkan tanggapan siswa mengenai penerapan model PBL yang terintegrasi dengan ESD dan didukung oleh *e*-LKPD. Kisi-kisi angket tersebut disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 14. Kisi-kisi Angket Tanggapan Peserta Didik

No.	Kisi-kisi	Nomor Pernyataan	Jawaban
1	Respon peserta didik terhadap pembelajaran model PBL.	1,2,3,4	Positif
2	Pembelajaran menggunakan <i>e</i> -LKPD.	5,6	Positif
3	Pembelajaran menggunakan PBL terintegrasi ESD dengan <i>e</i> -LKPD.	7	Negatif
		8,9,10	Positif

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di MA Al-Hikmah Bandar Lampung pada kelas X, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Model PBL terintegrasi ESD yang menggunakan *e*-LKPD memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa dalam materi perubahan iklim.
2. Model PBL terintegrasi ESD yang menggunakan *e*-LKPD juga berpengaruh terhadap kemampuan komunikasi lisan siswa dalam materi perubahan iklim.

5.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Pendidik diharapkan agar penerapan model PBL terintegrasi ESD berbantuan *e*-LKPD dapat menjadi alternatif dalam melaksanakan pembelajaran, dengan lebih memperhatikan aspek-aspek seperti pemanfaatan sarana dan prasarana yang mendukung, termasuk ruang kelas yang nyaman, perangkat teknologi, dan jaringan yang memadai.
2. Bagi peneliti lain yang ingin melakukan penelitian serupa, disarankan untuk mendeskripsikan konteks ESD dengan lebih rinci yang akan dimasukkan dalam model PBL, sehingga sintaks pembelajaran dapat mencakup konteks ESD yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, V. R., Bektiarso, S., & Sudarti, S. 2022. Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Dengan Vee Map terhadap Hasil Belajar dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Pada Pokok Bahasan Alat-Alat Optik. *Jurnal Phi Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan*, 3(2), 62.
- Amarila, S., Raula, B. S., & Saptono, S. 2021. Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Pembelajaran IPA Terpadu Tema Lingkungan. *Improvement: Jurnal Ilmiah Untuk Peningkatan Mutu Manajemen Pendidikan*, 8(1), 82-91.
- Amran, I. J., dkk. 2019. Pengembangan Model Pembelajaran Karakter ESD untuk Meningkatkan Sikap Abad 21 Siswa SMA. In *Seminar Nasional Taman Siswa Bima*, 1(1), 366-373.
- Anazifa, R. D., & Djukri, D. 2017. Project-Based Learning and Problem-Based Learning: Are They Effective to Improve Student's Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(2), 346-355.
- Apiati, V., & Hermanto, R. 2020. Kemampuan Kerpikir Kritis Peserta Didik dalam Memecahkan Masalah Matematik Berdasarkan Gaya Belajar. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(1), 167-178.
- Aprilianti, A. R., & Siswandari, S. 2024. Keefektifan Model Problem Based Learning (PBL) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMK Akuntansi pada Pembelajaran Komputer Akuntansi. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)*, 4(3), 1255-1266.
- Ardi, Y. O., dkk. 2023. Efektivitas Model Pembelajaran PBL terhadap Prestasi Belajar Bahasa Indonesia Kelas I SD. *Journal of Nusantara Education*, 3(1), 1-10.
- Arends, R I. 2012. *Learning to Teach ninth edition*. New York : McGraw-Hill.
- Arifin, M., Syahjuzar, S., & Zaura, B. 2020. Penerapan Model Problem Based Learning (PBL) terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa. *Jurnal Peluang*, 8(2), 11-16.

- Ayunda, S. N., Lufri, L., & Alberida, H. 2023. Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Berbantuan LKPD terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Journal on Education*, 5(2), 5000-5015.
- Damayanti, F. A., & Surjanti, J. 2022. Penerapan Model PBL dengan Konteks ESD dalam Meningkatkan Hasil Belajar dan Sustainability Awareness Peserta Didik Farida. *Buana Pendidikan*, 18(1), 93–105.
- Cahyani, P. A. H. I., Nurjaya, I. G., & Sriasih, S. A. P. 2015. Analisis Keterampilan Bertanya Guru dan Siswa dalam Pembelajaran Bahasa Indonesia di Kelas X TAV 1 SMK Negeri 3 Singaraja. *Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia Undiksha*, 3(1).
- Ennis, R. H. 2011. The Nature of Critical Thinking: An Outline of Critical Thinking Dispositions and Abilities. *University of Illinois*, 2(4), 1-8.
- Fitriyani, R. V., Supeno, S., & Maryani, M. 2019. Pengaruh LKS Kolaboratif pada Model Pembelajaran Berbasis Masalah terhadap Keterampilan Pemecahan Masalah Fisika Siswa SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 7(2), 71.
- Handayani, N. D. 2024. Development of Electronic Student Worksheet Based on Problem-Based Learning for Material on Environmental Change Geoheritage Gumuk Pasir. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(5), 2438-2445.
- Hidayati, R., Makhrus, M., & Sutrio. 2022. Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Pembelajaran Fisika Materi Getaran Harmonik dengan Pendekatan Saintifik. *Kappa Journal*, 6(2), 258–268.
- Ismail, S. 2022. Pengaruh Penggunaan Model Pembelajaran Berbasis Proyek “Project Based Learning” terhadap Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas X IPA SMA Negeri 35 Halmahera Selatan pada Konsep Gerak Lurus”. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(5), 256–269.
- Jeremia, R., Simarmata, P., & Siregar, N. 2020. Meta-Analysis of Think-Talk-Write (TTW) Learning Model to Improve Student’s Mathematics Problem Solving Ability. *Journal of Medives : Journal of Mathematics Education IKIP Veteran Semarang*, 6(2), 78–89.
- Khairiyah, U. 2018. Respon Siswa terhadap Media Dakon Matika Materi KPK dan FPB pada Siswa Kelas IV di SD/MI Lamongan. *AL-MURABBI: Jurnal Studi Kependidikan dan Keislaman*, 5(2), 197–204.
- Kholid, I. 2024. Karakteristik Berpikir Kritis Siswa dalam Pemecahan Masalah Matematika. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(9), 268–279.

- Kiswandini, D. A., dkk. 2023. Electronic Worksheet Development Based on ESD (Education for Sustainable Development) Biodiversity Subject. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(8), 6353–6358.
- Kosasih, E. 2021. *Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kurniahtunnisa, K., Fitrianingrum, A. M., & Manuel, M. Y. 2023. Analisis Kemampuan Komunikasi dan Kolaborasi Mahasiswa pada Pembelajaran Problem Based Learning berbasis ESD Materi Metode Ilmiah. *SCIENING: Science Learning Journal*, 4(2), 120-127.
- Kurniawati, N.R. 2024. Peningkatan Kemampuan Komunikasi Interpersonal Peserta Didik dengan Problem Based Learning pada Mata Pelajaran Pendidikan Pancasila. *Jurnal Pendidikan Profesi Guru*, 4(1), 28–37.
- Maaruf, F., dkk. 2017. Penerapan Model Problem Based Learning pada Pembelajaran Materi Sistem Tata Surya untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*. 5(1) : 27-35.
- Mardiyah, A. A. 2019. Budaya Literasi Sebagai Upaya Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis di Era Industri Revolusi 4.0. In *Prosiding SNP2M (Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Masyarakat) UNIM*, (1), 171-176.
- Maridi, Suciati, & Permata, B. M. 2019. Peningkatan Keterampilan Komunikasi Lisan dan Tulisan melalui Model Pembelajaran pada Siswa Kelas X SMA Problem Based Learning Improvement of Oral and Written Communication Skills through Problem Based Learning Model for High School Students. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 12(2), 182–188.
- Maulida, N., Sa'adah, S., & Ukit, U. 2021. Peningkatan Keterampilan Berkomunikasi Siswa melalui Pembelajaran Berorientasi TPACK dengan Blended Learning pada Materi Sistem Gerak. *Jurnal BIOEDUIN : Program Studi Pendidikan Biologi*, 11(2), 79–87.
- Maulina, D., Hikmawati, A., & Marpaung, R. R. T. 2023. The Effect of Implementing ESD in the PBL Model on Critical Thinking Ability in Environmental Pollution Material. *Tadris: Jurnal Keguruan Dan Ilmu Tarbiyah*, 8(2), 253.
- Musriyono, A. A., & Winanto, A. 2023. Peningkatan Kemampuan Komunikasi Lisan Peserta Didik Sekolah Dasar Melalui Model Project Based Learning. *EL-Muhbib Jurnal Pemikiran dan Penelitian Pendidikan Dasar*, 7(1), 41-49.
- Narut, Y. F., & Nardi, M. 2019. Analisis Sikap Peduli Lingkungan pada Siswa Kelas VI Sekolah Dasar di Kota Ruteng. *Scholaria: Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 9(3), 259–266.

- Nurafriani, R. R., & Mulyawati, Y. 2023. Pengembangan *E-LKPD* berbasis Liveworksheet pada Tema 1 Subtema 1 Pembelajaran 3. *Didaktik: Jurnal Ilmiah PGSD STKIP Subang*, 9(1), 404-414.
- Nurfajriah, N., dkk. 2022. Problem Based Learning (PBL): Concrete Steps to Improve Students' Communication Skills. *International Journal of Integrative Sciences*, 1(1), 7–20.
- Nurfatonah, F., dkk. 2021. Pengaruh Model Problem Based Learning terhadap Hasil Belajar Kognitif dan Keterampilan Berkomunikasi Lisan Peserta Didik dalam Pembelajaran Daring di SMPN 13 Bandar Lampung. *SINAPMASAGI (Seminar Nasional Pembelajaran Matematika, Sains Dan Teknologi)*, 1(1), 1–14.
- Oktaviani, R. N. 2022. Implementasi Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Berbasis Lesson Study untuk Meningkatkan Keterampilan Komunikasi dan Kolaborasi Mahasiswa pada Mata Kuliah Perencanaan Pembelajaran Di Sd. *ELSE (Elementary School Education Journal) : Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sekolah Dasar*, 6(2), 257.
- Palennari, M., Safitri, A. N., & Arifin, A. N. 2022. Profil Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik di SMA Negeri Kabupaten Pinrang. *Jurnal Nalar Pendidikan*, 10(1), 8.
- Pratiwi, E. A., Witono, A. H., & Jaelani, A. K. 2022. Keterampilan Komunikasi Siswa Kelas V SDN 32 Cakranegara Kecamatan Sandubaya Kota Mataram Tahun Ajaran 2021/2022. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(3b), 1639–1646.
- Purnamasari, S., & Nurawaliyah, S. 2023. Studi Literatur: Penilaian Kompetensi Keberlanjutan dan Hasil Belajar Education for Sustainable Development (ESD). *Jurnal Pendidikan UNIGA*, 17(1), 686.
- Puspaningsih, A. R., Tjahjardarmawan, E., & Krisdianti, N. R. 2021. *Ilmu Pengetahuan Alam*. Jakarta: Pusat Kurikulum dan Perbukuan Badan Penelitian dan Pengembangan dan Perbukuan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Putri, O. D., Nevrita, N., & Hindrasti, N. E. K. 2019. Pengembangan Instrumen Penilaian Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA pada Materi Sistem Pencernaan. *BIOEDUKASI: Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(1), 14-27.
- Riyatno, S. D., Maulina, D., & Wiono, W. J. 2023. Pengaruh Model Problem Based Learning Berbantuan Liveworksheets terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Materi Sistem Ekskresi Manusia. In *Seminar Nasional Pembelajaran Matematika, Sains dan Teknologi*, 3(1), 107-118.
- Rizkiana, A. M., & Warmi, A. 2021. Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

- dalam Menyelesaikan Soal pada Materi Persamaan Linear Satu Variabel. *MAJU: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 8(1), 313–317.
- Safitri, E. M., dkk. 2022. Keterampilan Komunikasi Siswa Sekolah Dasar dalam Pembelajaran IPA Berbasis Laboratorium Alam tentang Biopori. *Jurnal Basicedu*. 6(2), 2654–2663.
- Saputri, G., Kusuma Wardani, N., & Pamelasari, S. D. 2024. Peningkatan Kemampuan Komunikasi Peserta Didik SMP Negeri 17 Semarang melalui Model Pembelajaran Discovery Learning. *Prosiding Universitas Negeri Semarang*, 688–696.
- Saraswati, S. 2024. Development of Integrated ESD PBL E-LKPD to Improve Critical Thinking Skills and Environmental Literacy of Phase E Students at SMA N 1 Seyegan. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(11), 8911–8917.
- Shabrina, A., Suhartini, S., & Huang, T. C. 2024. Problem-Based Learning Tool Integrated with Education for Sustainable Development on Biodiversity Topic to Improve Science Literacy. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 12(2), 338–353.
- Sholikha, M., Mujiastuti, R., & Rusilowati, A. 2024. Peningkatan Kemampuan Berkomunikasi Lisan dengan Model Discovery Learning Berpendekatan Teaching at The Right Level di Kelas VIII H SMP Negeri 24 Semarang. *Seminar Nasional Pendidikan UNNES*, 1063–1072.
- Sinaga, M. G., dkk. 2024. Penerapan Model Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis Peserta Didik. *Journal on Education*, 6(4), 21080–21088.
- Sonya, S., Ibrahim, I., & Fatmawati, F. 2022. Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik melalui Implementasi Pembelajaran Online. *Biopedagogia*, 4(2), 58–71.
- Susanti, A. E., & Suwu, S. E. 2017. Penerapan Pembelajaran Berbasis Masalah untuk Meningkatkan Ketrampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas IX dalam Pelajaran Ekonomi Problem-Based Learning Implementation to Increase Grade IX Students' Critical Thinking Skill in Learning Economics. *Polyglot: Jurnal Ilmiah*, 12(1), 66.
- Susanti, E., dkk. 2023. Problem-Based Learning Through Lesson Study Learning Community to Enhance Students' Mathematical Communication Skills. *Jurnal Pendidikan Matematika RAFA*, 9(2), 137–153.
- Sutiarso, S. 2016. *Statistika Pendidikan & Pengolahan SPSS*. AURA: Bandar Lampung.

- Sya'bani, N. N., & Fawaida, U. 2022. Efektivitas LKPD Berbasis Education for Sustainable Development pada Materi Pencemaran Lingkungan untuk Meningkatkan Aktivitas dan Kemampuan Berpikir Kritis. *NCOINS: National Conference of Islamic Natural Science*, 2(1), 133–151.
- Triana, M. 2014. Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Masalah untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis dan Self-Concept Siswa. *Skripsi tidak diterbitkan. Bandar Lampung: Universitas Lampung*.
- Ulfa, F. K. 2020. Kemampuan Koneksi Matematis dan Berpikir Kritis Siswa dalam Pembelajaran Matematika Melalui Model Brain-Based Learning. *Jurnal Pendidikan Matematika (JPM)*, 6(2), 106–116.
- Umami, R., Madlazim, M., & Indana, S. 2023. Profile of Student's Critical Thinking Skills and The Effectiveness of Problem-Based Learning Models Assisted by Digital Worksheet in Science Learning on Motion and Force Materials. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 4(4), 481–496.
- Wasonowati, R. R. T., Redjeki, T., & Ariani, S. R. D. 2014. Penerapan Model Problem Based Learning (PBL) pada Pembelajaran Hukum - Hukum Dasar Kimia Ditinjau dari Aktivitas dan Hasil Belajar Siswa Kelas X Ipa SMA Negeri 2 Surakarta Tahun Pelajaran 2013/2014. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 3(3), 66–75.
- Wiono, W. J., & Meriza, N. 2023. Efforts to Improve Critical Thinking Skills with Scientific and Gender-Based Liveworksheets. *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*, 13(1), 31–46.
- Wiono, W. J., Priadi, M. A., & Meriza, N. 2024. Efektivitas Atlas Elektronik Bermuatan Keanekaragaman Tumbuhan TNBBS dalam Pembelajaran Biologi Berdiferensiasi. *BIOEDUKASI: Jurnal Pendidikan Biologi*, 15(1), 29–38.
- Wiono, W. J., Rakhmawati, I., & Rahayu, D. S. 2024. Metacognitive Awareness, Problem-based Learning Integrated Science-environment-technology-society (SETS) Toward Creativity Thinking.
- Wiono, W. J., & Siregar, Y. S. 2024. The Effectiveness of Problem-Based Learning on Ecosystem Content toward Critical Thinking in Terms of Students' Metacognitive Awareness. *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*, 14(1), 85–102.
- Yenti, S. R., Kurnia, L., & Nari, N. 2018. Penerapan Model Pembelajaran Student Facilitator and Explaining dengan Make A Match untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa Kelas VIII SMPN 3 Batipuh. *Seminar Nasional Pendidikan Matematika Dan Sains*, 141–148.
- Yulanda, V., Hamidah, A., & Anggereini, E. 2023. Development of Electronic

Student Worksheets (*E-LKPD*) Based on Problem Based Learning as an Effort to Improve Critical Thinking of Grade VIII Middle School Students on Respiratory System Material. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 7326–7332.

Zainal, N.F. 2022. Problem Based Learning pada Pembelajaran Matematika di Sekolah Dasar/ Madrasah Ibtidaiyah. *Jurnal Basicedu*, 6(3), 3584–3593.