

**PENINGKATAN BERPIKI KRITIS PESERTA DIDIK DENGAN  
PENERAPAN MODEL PBL BERBASIS ESD PADA MATERI  
PERUBAHAN IKLIM**

Nasihatin Auliya<sup>1</sup>, Eko Hariyono<sup>2</sup>

[nasihatinauliya.20028@mhs.unesa.ac.id](mailto:nasihatinauliya.20028@mhs.unesa.ac.id)<sup>1</sup>, [ekohariyono@unesa.ac.id](mailto:ekohariyono@unesa.ac.id)<sup>2</sup>

Universitas Negeri Surabaya

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik dengan menerapkan model Problem Based Learning (PBL) berbasis Educational For Sustainable Development (ESD). Dengan hasil penelitian meliputi keterlaksanaan pembelajaran, peningkatan keterampilan berpikir kritis, dan respon peserta didik. Jenis penelitian yang digunakan adalah metode quasi experimental design, dengan bentuk desain penelitian yang digunakan adalah nonequivalent control group design. Subjek penelitian ini meliputi peserta didik MBI Amanatul Ummah Pacet, dengan dua kelas yaitu (X-6 dan X-8), dimana X-6 sebagai kelas kontrol sebanyak 30 peserta didik serta X-8 sebagai kelas eksperimen sebanyak 32 peserta didik yang dipilih dengan menggunakan teknik sampling jenuh. Data diperoleh melalui angket dan tes. Dengan waktu penelitian terdapat tiga kali pertemuan yang memuat lima fase sesuai sintaks PBL berbasis ESD Perolehan hasil nilai pre-test dan post-test pada kelas eksperimen yang diterapkan model PBL berbasis ESD dengan hasil post-test lebih tinggi dari pada hasil pre-test dengan didukung skor N-gain sebesar 0,84 kategori “tinggi” dan kelas kontrol memperoleh skor N-gain 0,50 dengan kategori “sedang”, serta diperkuat dengan perhitungan Cohen’s effect size pada kelas eksperimen dengan perolehan senilai 0,816 yang menunjukkan pengaruh besar atas pembelajaran dengan model PBL berbasis ESD. Uji hipotesis dengan Independent Sample t-test diperoleh Sig. value sebesar  $0,08 > 0,05$ . Hasil data angket respon peserta didik pada kelas eksperimen diperoleh rata-rata persentase 86,82% dengan kategori “sangat baik”. Berdasarkan hasil demikian, diperoleh kesimpulan bahwa terdapat peningkatan atau pengaruh signifikan penggunaan model PBL berbasis ESD terhadap keterampilan berpikir kritis pada materi perubahan iklim.

**Kata Kunci:** Keterampilan berpikir kritis, ESD, PBL, Perubahan iklim.

**ABSTRACT**

*This research aims to improve students' critical thinking skills by applying the Problem Based Learning (PBL) model based on Education For Sustainable Development (ESD). The research results include the implementation of learning, increasing critical thinking skills, and student responses. The type of research used is the quasi experimental design method, with the research design used being nonequivalent control group design. The subjects of this research included MBI Amanatul Ummah Pacet students, with two classes, namely (X-6 and using saturated sampling technique). Data was obtained through questionnaires and tests. During the research period, there were three meetings containing five phases according to the ESD-based PBL syntax. Obtaining pre-test and post-test scores in the experimental class where the ESD-based PBL model was applied with post-test results being higher than the pre-test results was supported by The N-gain score was 0.84 in the "high" category and the control class obtained an N-gain score of 0.50 in the "medium" category, and this was strengthened by the calculation of Cohen's effect size in the experimental class with a gain of 0.816 which shows a large influence on learning with ESD-based PBL model. Hypothesis testing with the Independent Sample t-test obtained Sig. value of  $0.08 > 0.05$ . The results of the student response questionnaire data in the experimental class obtained an average percentage of 86.82% in the "very good" category. Based on these results, it was concluded that there was an increase or significant influence of the use of the ESD-based PBL model on critical thinking skills in climate change material.*

**Keywords:** Critical thinking skills, ESD, PBL, Climate Change.

## PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu bidang studi dari pendidikan di sekolah yang erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari. Mempelajari fisika berarti memecahkan serta menemukan mengapa dan bagaimana peristiwa itu terjadi (Lesmono et al., 2021). Dalam fisika sebagai proses juga disebut a way of investigating memberikan penjelasan bagaimana memahami fisika melalui studi objek, dan peristiwa (Murdani, 2020). Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk membangun hakikat ini. Seperti demonstrasi, observasi, eksperimen dan lain sebagainya. The way of investigating diharapkan dalam menemukan ilmu pengetahuan fisika melalui pengambilan hipotesis, penyelesaian masalah, serta mampu memanipulasi variabel, aspek yang dapat dikembangkan dalam hakikat the way of investigating yaitu: (1) observing, (2) collecting data, (3) developing a hypothesis, (4) experimenting dan (5) concluding (Amin & Sulistiyono, 2021).

Saat ini permasalahan global sedang dialami oleh penduduk bumi dalam berbagai macam aspek dan parah, seperti perubahan iklim, pemanasan global yang diakibatkan oleh perilaku merugikan manusia, berkurangnya sumber daya alam, gangguan pada lapisan ozon serta hilangnya keanekaragaman hayati (T. Putri et al., 2019). Global Risk Report 2020 menyebutkan bahwa penyebab yang paling berpengaruh dari permasalahan global berasal dari akibat perubahan iklim pada lingkungan. (World Economic Forum, 2020). Perubahan iklim merupakan pergantian pola cuaca normal di segala dunia dalam jangka waktu yang lama, umumnya puluhan tahun ataupun lebih (Radhiyah & Hariyono, 2022). Menurut (IPCC, 2001) perubahan iklim mengacu pada variasi rata – rata keadaan iklim suatu tempat ataupun variabilitas yang signifikan secara statistik sepanjang periode waktu yang lama (umumnya dekade ataupun lebih). Perubahan Iklim menurut Gernowo, 2013 dijelaskan yaitu berubahnya suhu dan pola cuaca pada jangka waktu panjang pada suatu daerah tertentu.

Perubahan iklim diharapkan dapat dikaitkan dengan pembelajaran mengenai penyebab terjadinya dan pencegahannya, sebagai upaya untuk meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap fenomena perubahan iklim, tindakan untuk melakukan internalisasi dalam isu – isu perubahan iklim penting dilakukan di bidang pendidikan (Hariyono, 2021). Melalui pembelajaran akan membentuk kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi dampak perubahan iklim (Menlhk.go.id, 2021). Permasalahan ini perlu dituntaskan dengan pembelajaran dalam lingkungan sekolah. Relevansi atas tantangan global ini mendorong pemerintah untuk menyusun serta memasukkan materi pemanasan global yang di dalamnya membahas perubahan iklim pada mata pelajaran fisika dalam fase E pada kurikulum merdeka (Anggraeni, P, et al. 2023).

Memasuki abad 21 yang merupakan abad yang telah mengalami perubahan yang sangat mendasar, dimana era globalisasi yang memerlukan sumber daya manusia (SDM) yang memiliki keterampilan hidup (life skill) dan mampu mengimbangi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Menurut (Nori, et al. 2019) life skill adalah keahlian atau keterampilan yang harus dimiliki oleh setiap individu dalam mengatasi setiap masalah yang dihadapi dalam menjalani kehidupan di masyarakat, kemudian secara proaktif dan kreatif mencari serta menemukan solusi. US-Based Partnership for 21st Century Skills (2018), mengidentifikasi keterampilan yang dibutuhkan di abad 21 dengan “The 4Cs”, yang meliputi critical thinking (keterampilan berpikir kritis), creativity (keterampilan berpikir kreatif), communication (komunikasi), collaboration (kolaborasi), dan skill (keterampilan). Sehingga empat keterampilan tersebut dibutuhkan peserta didik untuk dapat bertahan menghadapi perkembangan zaman. Salah satu keterampilan abad 21 yang penting dikembangkan oleh peserta didik adalah keterampilan berpikir kritis dalam menyelesaikan masalah yang ada di dunia nyata (Sugianto et al., 2020). Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai berpikir kritis, oleh Setyorini dkk, menunjukkan tingkat keterampilan untuk berpikir kritis dipengaruhi oleh kegiatan belajar yang dikaitkan dengan permasalahan nyata dan

menganalisis permasalahan tersebut (Nurkhasanah et al., 2019). Model pembelajaran yang mengarahkan peserta didik untuk menganalisis masalah dan berbasis yang dapat mengaitkan materi yang sedang dipelajari dengan kehidupan nyata sehari-hari sangat menunjang perkembangan keterampilan berpikir kritis. Dalam proses pembelajaran keterampilan berpikir kritis dapat dengan melakukan observasi dan eksperimen berdasarkan pengalaman yang baru dirasakan peserta didik (Amalia & Hariyono, 2022).

Namun pembelajaran pada sekolah saat ini masih lemahnya keterampilan berpikir kritis oleh peserta didik mengenai isu perubahan iklim (Septiningrum, D., et al., 2021). Guru sebenarnya sudah berinteraksi melalui kegiatan tanya jawab dan diskusi serta guru juga aktif melibatkan peserta didik dalam kegiatan pembelajaran namun keterampilan berpikir kritisnya masih lemah. Berdasarkan dari studi lapangan terdapat 9 dari 32 peserta didik kelas X-8 di MBI Amanatul Ummah Pacet, tidak pernah mendengar istilah perubahan iklim, dapat ditunjukkan dari jawaban pertanyaan hasil kuesioner pra-penelitian pada pertanyaan “Menurut anda, apakah perubahan iklim merupakan permasalahan?” yang menjawab “tidak” sebanyak 9 peserta didik dan pada pertanyaan “Menurut Anda, apakah penyebab dan dampak yang ditimbulkan dari perubahan iklim?” sebanyak 10 peserta didik mengalami kesulitan dalam menguraikan dari penyebab dan dampak dari perubahan iklim. Dari hasil secara garis besar diperoleh temuan bahwa peserta didik mengetahui bahwa perubahan iklim merupakan suatu permasalahan yang memiliki penyebab dan dampak, namun peserta didik cenderung kurang tepat dalam memberikan alasan tentang penyebab, dampak, hingga perilaku untuk melakukan pencegahan terhadap permasalahan perubahan iklim. Selain itu, pada hasil observasi dan hasil wawancara yang dilakukan di sekolah MBI Amanatul Ummah, Pacet menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis masih kurang, terutama pada materi perubahan iklim yang diakibatkan dari kepasifan peserta didik dalam pembelajaran fisika. Salah satu guru fisika di sekolah tersebut mengatakan bahwa, guru sering memberikan permasalahan awal yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari sebelum pembelajaran fisika, namun peserta didik kurang aktif dalam menanggapi dan mengemukakan pendapatnya. Hal ini menunjukkan bahwa model pembelajaran yang masih kurang interaktif dan penarikan solusi dari permasalahan fisika oleh peserta didik, sehingga terlihat seperti pembelajaran yang hanya terfokus pada guru dikarenakan kurangnya jalinan komunikasi yang baik antara guru dan peserta didik pada proses diskusi pembelajaran (A. H., Aprilia, et al., 2024).

Pada pembelajaran materi yang berkaitan dengan permasalahan kehidupan nyata dibutuhkan pengimplementasian model pembelajaran Problem Based Learning (PBL), yaitu model pembelajaran yang menyajikan suatu permasalahan yang nyata bagi peserta didik sebagai awal pembelajaran yang kemudian diselesaikan melalui penyelidikan serta diterapkan menggunakan berbasis pemecahan masalah (Hotimah, 2020). PBL merupakan model dalam pelaksanaan kegiatan pembelajaran dengan tujuan untuk membangun konstruktivisme dan keterlibatan peserta didik dan terlibat langsung dalam pemecahan masalah (Simanjunta, R. M., et al., 2023). Melalui pembelajaran berbasis analisis masalah menjadikan peserta didik berperan aktif sebagai pemecah masalah, menghadapi masalah praktis dalam kehidupan sehari-hari, memecahkan masalah yang menarik, dan membangun pengetahuan mereka sendiri serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis (Mufida, Amatulloh, et al, 2022). Melalui model ini peserta didik dapat berpikir secara kritis untuk memecahkan suatu permasalahan sehingga memperoleh pengetahuan baru.

Namun PBL hanya menekankan pada pemecahan masalah yang diharapkan mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis (Ariyanto, S. R., et al., 2020). Dalam aspek permasalahan nyata kompleks berupa perubahan iklim yang tidak hanya membutuhkan solusi juga membutuhkan keterampilan dalam merancang solusi yang terus berkelanjutan (Magdalena, I., et al., 2024), PBL kurang dalam mempertimbangkan aspek keberlanjutan dan dampak jangka panjang dari solusi yang dihasilkan. Sehingga berbasis Educational for

Sustainable Development (ESD) diperkenalkan dalam bidang pendidikan sebagai berbasis dalam pembelajaran yang mendukung program solusi pembangunan berkelanjutan (Listiawati, N., 2013). ESD dipandang sebagai pendidikan yang membantu dalam mengembangkan sikap, keterampilan, dan pengetahuan untuk membuat keputusan yang tepat demi kepentingan generasi sekarang dan mendatang (Ardellea, F., et al., 2022). ESD merupakan berbasis pembelajaran yang dinamis dan memiliki proses yang selalu beradaptasi dengan perkembangan dimana tidak hanya membawa peserta didik untuk mendapatkan pengetahuan baru tetapi juga mengarahkan untuk berpikir dengan cara baru dan menghasilkan pengetahuan baru yang memperhatikan aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial (Pratiwi, et al., 2019).

Dengan penerapan model PBL berbasis ESD memiliki peluang besar dalam memberikan peningkatan keterampilan berpikir kritis. PBL yang dimana dengan model ini peserta didik menjadi lebih aktif dan terlibat dan terlibat proses pembelajaran, karena adanya dorongan untuk berkolaborasi dalam rangka keterampilan pemecahan masalah yang dapat mendorong peserta didik memiliki keterampilan berpikir kritis atas solusi yang dihasilkan (Azizah, N. N., et al., 2023). Selanjutnya diberikan berbasis berbasis ESD yang mengarahkan siswa untuk belajar mengajukan pertanyaan kritis (*critical thinking*), belajar memperjelas nilai-nilai seseorang, belajar berimajinasi masa depan yang lebih positif dan berkelanjutan, belajar berpikir sistematis, dan lain-lain sehingga menghasilkan solusi berkelanjutan atas isu kehidupan nyata (Lutfianis, J. A., et al., 2021). ESD membekali peserta didik untuk membuat keputusan yang bertanggung jawab dan bertindak secara bertanggung jawab demi keberlanjutan ekonomi, integritas lingkungan, dan masyarakat yang kohesif baik untuk generasi sekarang maupun masa depan (Taimur & Sattar, 2020). Sehingga dengan model PBL berbasis ESD ini nantinya dapat membantu peserta didik untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritisnya untuk membuat keputusan berkelanjutan atas permasalahan kompleks seperti perubahan iklim. Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti tertarik untuk mengadakan penelitian yang berjudul “Peningkatan Berpiki Kritis Peserta Didik Dengan Penerapan Model PBL Berbasis ESD Pada Materi Perubahan Iklim”.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode quasi experimental design. Bentuk desain penelitian yang digunakan adalah nonequivalent control group design. Penelitian ini menggunakan dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Masing-masing kelompok diberikan pre-test yaitu pemberian tes awal untuk mengetahui keadaan awal dan perbedaan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Selanjutnya kelompok eksperimen diberi perlakuan pembelajaran menggunakan model Pembelajaran Fisika dengan model PBL berbasis ESD, sementara kelompok kontrol diberi perlakuan pembelajaran menggunakan model pembelajaran yang sesuai dari sekolah. Setelah itu masing-masing kelompok diberikan post-test dan pengisian angket akhir. Gambaran desain penelitian seperti berikut:

Tabel 1 Desain Penelitian

<b>Group</b>	<b>Pre-test &amp; angket awal</b>	<b>Perlakuan</b>	<b>Post-test &amp; angket akhir</b>
Eksperimen	O <sub>1</sub>	X	O <sub>2</sub>
Kontrol	O <sub>3</sub>	-	O <sub>4</sub>

Sampel dalam penelitian ini adalah peserta didik kelas X MBI Amanatul Ummah, yaitu Kelas X MIPA 8 sebagai kelas eksperimen dan Kelas X MIPA 6 sebagai kelas kontrol. Sampel diambil dengan menggunakan teknik sampling jenuh karena semua anggota populasi digunakan sebagai sampel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

penjelasan dari hasil penelitian yang diperoleh dalam bentuk data kuantitatif. Data kuantitatif meliputi nilai hasil dari soal-soal tes yang berdasarkan indikator kompetensi keterampilan berpikir kritis peserta didik yang diperoleh dari nilai pengerjaan pre-test dan post-test. Perlakuan pembelajaran yang dilakukan dengan dua model yang berbeda, pada kelas eksperimen menggunakan model pembelajaran Problem Based Learning (PBL) berbasis Educational for Sustainable Development (ESD), sedangkan pada kelas kontrol menggunakan metode pembelajaran konvensional.

### 1. Analisis Data Keterlaksanaan Pembelajaran

Tabel Persentase Keterlaksanaan pembelajaran pada Kelas Eksperimen

Sintaks PBL	Nilai Maksimum	Nilai Observer			Persentase Nilai Observer (%)			Rata-rata Persentase (%)	Kategori
		O1	O2	O3	O1	O2	O3		
Pendahuluan	19	18	18	17	94,7	94,7	89,4	92,93	Sangat Baik
Fase 1	3	3	3	3	100	100	100	100,0	Sangat baik
Fase 2	3	3	3	3	100	100	100	100,0	Sangat baik
Fase 3	3	3	3	3	100	100	100	100,0	Sangat baik
Fase 4	3	2	3	3	66,6	100	100	88,86	Sangat baik
Fase 5	3	3	2	3	100	66,6	100	88,86	Sangat baik
Penutup	14	14	11	13	100	78,5	92,8	90,43	Sangat baik
Rata rata persentase akhir (%)								94,44	Sangat baik

Berdasarkan pada Tabel keterlaksanaan proses pembelajaran dengan menggunakan model PBL berbasis ESD berdasarkan keseluruhan pertemuan dalam kategori “Sangat baik” berdasarkan keseluruhan pertemuan yang ditinjau dari kegiatan pembelajaran oleh peserta didik diperoleh rata-rata persentase sebesar 90,44% dalam kategori sangat baik.

### 2. Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis

Tabel 1. Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Tiap Indikator Berdasarkan Skor N-Gain

Indikator	Kelas Eksperimen			Kelas Kontrol	
	KBK	Skor N-gain	Kategori	Skor N-gain	Kategori
1		0,93	Tinggi	0,36	Sedang
2		0,91	Tinggi	0,34	Sedang
3		0,86	Tinggi	0,61	Sedang
4		0,83	Tinggi	0,70	Sedang
5		0,64	Sedang	0,57	Sedang

Keterangan:

Indikator 1 : memberikan penjelasan sederhana

Indikator 2 : membangun keterampilan dasar

Indikator 3 : melakukan inferensi

Indikator 4 : memberikan penjelasan lebih lanjut

Indikator 5 : mengatur strategi dan taktik

Berdasarkan tabel 1. merupakan perolehan hasil tes dari penelitian untuk mengukur tingkat keterampilan berpikir kritis peserta didik pada masing masing indikator keterampilan berpikir kritis yang diwakilkan masing-masing indikator dengan dua butir soal tes. Indikator yang mengalami kenaikan yang paling tinggi pada indikator.

Perhitungan Cohen's effect size digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh model PBL berbasis ESD untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada kelas eksperimen. Rata-rata nilai pre-test dan post-test pada kelas eksperimen dapat dilakukan perhitungan Cohen's effect size > 0,8 menunjukkan kriteria besar.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Cohen's effect size Kelas Eksperimen

	Nilai	Rata-rata	Std.Deviation	Std. Pooled
Pre-test	41,09		9,740	60,86
Post-test	90,81		5,183	
Cohen's effect size				0,816

Berdasarkan tabel 4.6 Nilai Cohen's effect size diperoleh sebesar 0,816 yang menunjukkan Cohen's effect size  $> 0,8$  menunjukkan kriteria besar.

### **3. Respon Peserta Didik**

Peserta didik menanggapi penggunaan model pembelajaran yang digunakan, yaitu penerapan model PBL berbasis ESD digunakan dalam penelitian ini. Evaluasi hasil dari angket respon peserta didik yang dikumpulkan oleh peserta didik setelah dilakukan pembelajaran. Skor kuesioner respon positif dan negatif ditambahkan dengan skala Likert. Setiap poin pernyataan pada angket respon peserta didik termasuk dalam kategori baik dan sangat baik, hal demikian dapat dilihat dari nilai persentase masing-masing poin memiliki hasil di atas 80%.

#### **Pembahasan**

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik mengalami peningkatan setelah diterapkan model PBL berbasis ESD pada materi perubahan iklim. Berikut adalah pembahasan rinci mengenai temuan utama penelitian:

#### **1. Analisis Data Keterlaksanaan Pembelajaran**

keterlaksanaan proses pembelajaran dengan menggunakan model PBL berbasis ESD berdasarkan keseluruhan pertemuan dalam kategori "Sangat baik" berdasarkan keseluruhan pertemuan yang ditinjau dari kegiatan pembelajaran oleh peserta didik diperoleh rata-rata persentase sebesar 90,44% dalam kategori sangat baik. Pada fase pertama persentase pada fase ini adalah 100%, pada fase kedua 100%. Pada fase ketiga 100%, pada fase keempat 88,86%, serta pada fase kelima sebesar 88,86%. Sehingga diperoleh bahwa dengan model PBL yang memunculkan pembelajaran yang berorientasi terhadap permasalahan yang selanjutnya berbasis ESD mendorong peserta didik memiliki keterampilan berpikir kritis dengan mendukung keaktifan partisipasi pembelajaran mandiri, orientasi masalah, kolaborasi, serta menghubungkan pembelajaran dengan kompetensi keberlanjutan di kalangan peserta didik yang dicapai melalui penciptaan pembelajaran interaktif yang berpusat pada peserta didik, serta melalui penerapan yang berorientasi pada tindakan keberlanjutan.

### **4. Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis**

Pada kelas eksperimen menerapkan model PBL berbasis ESD, dengan nilai n-gain mencapai level tinggi sebesar 0,84. Sebaiknya, kelas kontrol tanpa penerapan PBL berbasis ESD memperoleh n-gain sebesar 0,50 yang masuk dalam kategori sedang. Peningkatan keterampilan berpikir kritis pada kelas eksperimen disebabkan oleh penerapan model PBL berbasis ESD, yang menggunakan permasalahan di lingkungan sekitar, seperti materi perubahan iklim. Dengan model ini dalam keterampilan berpikir kritis, diharapkan peserta didik memahami setiap langkah dalam pengambilan konsep dan konsep fisika dalam menyelesaikan permasalahan.

Selain itu, besar pengaruh model PBL dengan berbasis ESD pada kelas eksperimen diketahui berdasarkan perhitungan Cohen's d effect size. Kelas eksperimen mendapatkan hasil perhitungan Cohen's d effect size senilai 0,816 yang menunjukkan besar pengaruh pembelajaran ini (Cohen, 1988). Sehingga dari distribusi skor kelas eksperimen ketika sebelum diberikan perlakuan dan sesudah diberi perlakuan bahwa adanya kondisi tidak tumpang tindih sepenuhnya dari distribusi skor untuk kelompok yang sudah diberi perlakuan (nilai post-test) dengan distribusi skor untuk kelompok yang belum diberi perlakuan atau kelompok pembanding (nilai pre-test).

### **5. Respon Peserta Didik**

Angket respon peserta didik terdiri dari 17 pernyataan, yang terbagi atas pernyataan positif dan negatif. Pernyataan positif terdapat 12 Butir dan pernyataan negatif terdapat 5 butir. Jawaban peserta didik dalam pengerjaan angket respon dievaluasi dalam rangka penerapan model PBL berbasis ESD dengan cara mengumpulkan hasil dari angket respon yang diberikan kepada peserta didik pada kelas eksperimen setelah kegiatan pembelajaran dalam penelitian selesai.

Sebaliknya, dalam kelompok kontrol, keterlibatan siswa cenderung lebih rendah. Siswa sering kali pasif dan hanya merespons saat diminta oleh guru. Pembelajaran dengan metode ceramah dan latihan di buku teks kurang mampu mempertahankan minat siswa, yang tercermin dari keterlibatan mereka yang minim.

Dengan setiap poin pernyataan pada angket respon peserta didik termasuk dalam kategori baik dan sangat baik, hal demikian dapat dilihat dari nilai persentase masing-masing poin memiliki hasil di atas 80%, dengan persentase rata-rata sebesar 86,82% dalam kategori sangat baik. Pada pernyataan yang berisi bahwa peserta didik menyadari bahwa suatu penjelasan perlu diuji kebenarannya untuk memperoleh bukti yang benar dan melakukan percobaan dengan perolehan 93%. Selain itu, ketika dengan menggunakan model PBL berbasis ESD membuat peserta didik merasa lebih aktif dalam kegiatan pembelajaran fisika di kelas dengan perolehan 89%. Sehingga, diperoleh bahwa peserta didik mengalami kemudahan dalam melakukan keterampilan berpikir kritisnya yang dibuktikan bahwa setelah diterapkan model pembelajaran PBL berbasis ESD membuat peserta didik tidak mengalami kesulitan dalam mengerjakan soal post-test dengan perolehan 89%.

## **KESIMPULAN**

Penelitian ini menyoroti peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik dengan penerapan model PBL berbasis ESD pada materi perubahan iklim. Dari hasil penelitian, terbukti penerapan model ini memberikan hasil yang signifikan dalam peningkatan keterampilan berpikir kritis. Analisis hasil keterlaksanaan pembelajaran fisika dengan Model PBL berbasis ESD untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dengan persentase 93,6% kategori sangat baik, Keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi perubahan iklim setelah diberi perlakuan pembelajaran fisika dengan model PBL berbasis ESD mengalami peningkatan. Hal ini ditandai dengan hasil post-test lebih tinggi dari pada hasil nilai pre-test dengan  $n$ -gain 0,84 dalam kategori tinggi, serta Nilai Cohen's effect size diperoleh sebesar 0,816 yang menunjukkan Cohen's effect size  $> 0,8$  menunjukkan kriteria besar. Diperoleh respon positif di kelas eksperimen dengan persentase rata-rata sebesar 86,82% dalam kategori sangat baik.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Afandi, R. A., & Setyarsih, W. (2019). Analisis Butir Instrumen Problem Solving Berbasis Permasalahan Kontekstual pada Materi Momentum dan Impuls. *Inovasi Pendidikan Fisika*, 8(3), 814-819.
- Agusti, K. A., Wijaya, A. F. C., & Tarigan, D. E. (2019). Dengan Konteks ESD Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Sustainability Awareness Peserta didik Sma Pada Materi Pemanasan Global. VIII, SNF2019-PE-175–182. <https://doi.org/10.21009/03.snf2019.01.pe.22>
- Agustina Damayanti, F., & Surjanti, J. (2022). Penerapan Model PBL dengan Konteks ESD dalam Meningkatkan Hasil Belajar dan Sustainability Awareness Peserta Didik. *Buana Pendidikan*, 18(1), 93. [http://jurnal.unipasby.ac.id/index.php/jurnal\\_buana\\_pendidikan/index](http://jurnal.unipasby.ac.id/index.php/jurnal_buana_pendidikan/index)
- Akhdirwanto, R. W., Agustini, R., & Jatmiko, B. (2020). Problem-based learning with argumentation as a hypothetical model to increase the critical thinking skills for junior high school students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(3), 340-350.
- Aldrian, E., Karmini, M., & Budiman, B. (2011). Adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di Indonesia. Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara, Kedeputian Bidang Klimatologi, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- Amalia, K., Wijayasir, U. E., & Kusumaningtyas, H. (2023, January). Mengatasi Miskonsepsi Membandingkan Nilai Pecahan Sederhana Kelas 3 SD Dengan Model PBL Berbasis Teori Bruner. In *ProSANDIKA UNIKAL (Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika Universitas Pekalongan)* (Vol. 4, No. 1, pp. 45-58).
- Amin, A., & Sulistiyono, S. (2021). Pengembangan Handout Fisika Berbasis Contextual Teaching and Learning (CtL) Untuk Meningkatkan Aktivitas Dan Hasil Belajar Fisika Peserta didik Sma. *Jurnal*

- Pendidikan Fisika Undiksha, 11(1), 29. <https://doi.org/10.23887/jjpf.v11i1.33436>
- Ammy, P. M. (2022). Pengaruh Penggunaan Model Reciprocal Teaching Terhadap Hasil Belajar Matematika Peserta didik Kelas VIII SMP. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(3), 2442-2453. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i3.530>
- Ardianti, R., Sujarwanto, E., & Surahman, E. (2021). Problem-based Learning: Apa dan Bagaimana. *DIFFRACTION: Journal for Physics Education and Applied Physics*, 3(1), 27-35.
- Ardellea, F., & Hamdu, G. (2022). Pentingnya Kemampuan Guru Sekolah Dasar dalam Mengembangkan Soal Tes Literasi dan Numerasi Berbasis Education for Sustainable Development (ESD). *Edu Cendekia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 2(02), 220-227.
- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach* (10th ed.). USA: McGraw-Hill Companies Inc.
- Ariyanto, S. R., Lestari, I. W. P., Hasanah, S. U., Rahmah, L., & Purwanto, D. V. (2020). Problem based learning dan argumentation sebagai solusi dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMK. *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian Dan Kajian Kepustakaan Di Bidang Pendidikan, Pengajaran Dan Pembelajaran*, 6(2), 197-205.
- Safitri, A., Fauzi, A., & Ratnawulan, R. (2018). Analisis Kesesuaian Tujuan Kurikulum pada Buku Teks Pelajaran IPA SMP/MTs Kelas VII Semester 2 untuk Diintegrasikan dengan Materi Tsunami. *Pillar of Physics Education*, 11(2), 09-16.
- Arief, S. (2002). *Media Pembelajaran dan Proses Belajar Mengajar, Pengertian Pengembangan dan Pemanfaatannya*. Jakarta: Raja Grafindo Parsada.
- Arikunto, S. (2018). *Prosedur Penelitian: Suatu Berbasis Praktik*. Rineka Cipta.
- Ariyanti, M. R. D., & Untari, M. F. A. (2019). Keefektifan Model Problem Based Learning (Pbl) Dengan Media Dakota Terhadap Hasil Belajar Materi FPB dan KPK. *Journal for Lesson and Learning Studies*, 2(1), 73-82.
- Ayu Aprilia, D., Miftahul, Nuraini, L., & Sedayu, A. (2022). Efektivitas Model Pembelajaran dengan Berbasis Scientific Berbantuan PhET Simulations terhadap Hasil Belajar Peserta didik. *Jurnal Pendidikan Fisika Undhiksa*, 12(2), 176-180.
- 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. <https://doi.org/10.31004/joe.v5i2.1232>
- Azaly, Q. R. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Microsoft Office Sway Pada Materi Perubahan Lingkungan Untuk Melatihkan Kemampuan Literasi Sains Siswa Kelas X SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 11(1), 218-227.
- Azis, A. C. K., Kartono, G., & Putri, S. R. (2022). *Perkembangan Perangkat Pembelajaran*. Media Sains Indonesia.
- Azizah, N. N., Maulina, D., & Yolida, B. (2023). Pengaruh Model Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Minat Belajar Peserta Didik pada Materi Perubahan Iklim. In *Seminar Nasional Pembelajaran Matematika, Sains dan Teknologi* (Vol. 3, No. 1, pp. 31-40).
- Azura, F., Jatmiko, B., Ibrahim, M., Hariyono, E., & Prahani, B. K. (2021). A profile of scientific literacy of senior high school students on physics learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 2110(1).
- Berlian, M., Mujtahid, I. M., Vebrianto, R., & Thahir, M. (2021). Profil Literasi Sains dalam Pembelajaran IPA di Era Covid- 19: Studi Kasus di Universitas Terbuka. *Journal of Natural Science and Integration*, 4(1), 77.
- Boeve-de Pauw, J., Gericke, N., Olsson, D., & Berglund, T. (2015). The effectiveness of education for sustainable development. *Sustainability*, 7(11), 15693-15717.
- Borich, G. D. (1994). *Observation Skills for Effective Teaching*. New York: McMillan Publishing Company.
- Cebrián Bernat, G., Junyent i Pubill, M., & Mulà Pons de Vall, I. (2020). Competencies in Education for Sustainable Development: Emerging Teaching and Research Developments. *Sustainability*, 2020, vol. 12, núm. 2, p. 579.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). L. Erlbaum Associates.
- Damayanti, F. A., & Surjanti, J. (2022). Application of PBL with ESD Context in Improving Learning Outcomes and Sustainability Awareness of Learners. *Buana Pendidikan: Jurnal Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Unipa Surabaya*, 18(1), 93-105.

- Dani, I. (2018). Bagaimanakah mekanisme terjadinya efek rumah kaca?, (Online), (<https://pak.pandani.web.id/2018/03/bagaimanakahmekanisme-terjadinya-efek.html>, diakses pada 15 Februari 2023).
- Daniah. (2020). Pentingnya Inkuiri Ilmiah pada Praktikum dalam Pembelajaran Ipa untuk Peningkatan Literasi Sains Mahapeserta didik. *Pionir: Jurnal Pendidikan*, 9(1), 144–153.
- Darmawan, I. R., Hendradi, P., & Sukmasetya, P. (2022). E-learning user interface design for lecturers based on usability scale system approach (Case Study: E-Learning Universitas Muhammadiyah Magelang). *Borobudur Informatics Review*, 2(2), 70-81.
- Daryanto, & Karim, S. (2017). *Pembelajaran Abad-21 (Cet.1)*. Yogyakarta: Gava Media.
- Dhiana, R. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran (PBL) Berbasis Laboratorium terhadap Keterampilan Pemecahan Masalah pada Materi Teori Kinetik Gas Program Studi S1 Pendidikan Fisika UNSIL. Tasikmalaya: PPs Universitas Siliwangi.
- Depdiknas. 2003. Undang-undang RI No.20 tahun 2003. Tentang sistem pendidikan nasional.
- Dewi, D. F., Septiana, N., & Syar, N. I. (2023). Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik pada Materi Fluida Statis Menggunakan Model (PBL). *LAMBDA: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA dan Aplikasinya*, 3(1), 44-50.
- Djamaluddin, A. (2019). *Belajar dan Pembelajaran (A. Syaddad. CV. Kaaffah Learning Center, Jakarta*.
- Dwita Dana Pradipta, Madlazim, & Eko Hariyono. (2021). The Effectiveness of Science Learning Tools Based on Education Sustainable Development (ESD) to Improve Problem-Solving Skills. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 2(3), 342–353. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v2i3.113>
- Elfina, S. 2021. Pengembangan lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis problem based learning (PBL) dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada mata pelajaran sosiologi di SMA Negeri 1 Payakumbuh. (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Padang).
- Ennis, R. H. (1993). Critical thinking assessment. *Theory into practice*, 32(3), 179-186. <https://doi.org/10.1080/00405849309543594>
- Fadilla, A. N., Relawati, A. S., & Ratnaningsih, N. (2021). *Jurnal jendela pendidikan. Jendelaedukasi.Id*, 01(02), 48–60. <https://www.ejournal.jendelaedukasi.id/index.php/JJP/article/view/6>
- Fajrin, V. P., Wibowo, F. C., & Nasbey, H. (2024). Analisis Kebutuhan Modul Ajar Pemanasan Global Berbasis PBL untuk Meningkatkan Keterampilan Pemecahan Masalah dan Self-Efficacy Siswa. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 7(1), 33-42.
- Febrianti, A. H., Aprilia, C. D., & Susilawati, S. (2024). Inovasi Pembelajaran Kurikulum Merdeka dalam Menghadapi Tantangan Di Era Society 5.0. *Almufi Jurnal Sosial dan Humaniora*, 1(1), 30-36.
- Febrita, I., & Harni. (2020). Penerapan Berbasis Problem Based Learning dalam Pembelajaran Tematik Terpadu di Kelas IV SD. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 4(2), 1435. <https://www.jptam.org/index.php/jptam/article/view/608>
- Fitriani, N. (2021). Analisis tingkat kesukaran, daya pembeda, dan efektivitas pengecoh soal pelatihan kewaspadaan kegawatdaruratan maternal dan neonatal. *Paedagoria: Jurnal Kajian, Penelitian dan Pengembangan Kependidikan*, 12(2), 199-205.
- Hafizah, E., & Nurhaliza, S. (2021). Implementasi ( PBL ) terhadap Keterampilan Literasi Sains Peserta didik. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 12(1), 1–11.
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing Change/Gain Scores*. USA: Dept of Physics Indiana. University.
- Hamidah, S. N., Bektiarso, S., & Subiki. (2022). Penerapan Model Pembelajaran berbantu Media Index Card Match untuk Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar Peserta didik Materi Wujud Benda. *Edumaspul: Jurnal Pendidikan*, 6(1), 449–455.
- Hariyono, E., Suprpto, N., Zakhayah, I., & Ismail, M. H. (2023). Development of Dye-Sensitized Solar Cells Steam Learning Prototype for Supporting Educational for Sustainable Development. *EUREKA, Physics and Engineering*, 2023(5), 56–66. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2023.002928>
- Haryadi, R., & Pujiastuti, H. (2020). PhET simulation softwarebased learning to improve science process skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(2).
- Herlina, V. (2019). *Panduan praktis mengolah data kuesioner menggunakan SPSS*. Elex Media Komputindo.

- Hernawati, E. (2018). Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Melalui Penggunaan Metode Demonstrasi dan Media Audiovisual pada Peserta didik Kelas X MAN 4 Jakarta. *Andragogi: Jurnal Diklat Teknis Pendidikan Dan Keagamaan*, 6(2), 118–131.
- Hotimah, H. (2020). Penerapan metode pembelajaran problem based learning dalam meningkatkan kemampuan bercerita pada siswa sekolah dasar. *Jurnal edukasi*, 7(2), 5-11.
- Hussain, K., Aman, N., Noor, N., & Shah, Z. W. (2024). Education for Sustainable Development (ESD): Pedagogical Approaches that Make a Difference. *International Journal of Social Science Archives (IJSSA)*, 7(1), 106-112.
- Ichsan, Suhaimi, Amalia, K. N., Santosa, T. apra, & Yulianti, S. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis TPACK terhadap Keterampilan Literasi Sains dalam Pembelajaran IPA Peserta didik Tingkat SD Sampai SMA: Sebuah Meta-Analisis. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 4(5), 2173–2181.
- IPCC. (2001). *Climate change 2001: The scientific basis*. Cambridge University Press.
- Jatmiko, B. (2021). Keefektifan pembelajaran daring fisika SMA berbasis probing prompting untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. *PENDIPA Journal of Science Education*, 5(3), 426-435.
- Jauhariyah, M. N. R., Prahani, B. K., Syahidi, K., Deta, U. A., Lestari, N. A., & Hariyono, E. (2021). ESD for physics: how to infuse education for sustainable development (ESD) to the physics curricula?. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1747, No. 1, p. 012032). IOP Publishing.
- Jayanti, M. I., & Nurfathurrahmah. (2023). Gerakan Penguatan Literasi Sains melalui Praktikum Ipa Sederhana di SMPN 11 Kota Bima. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 1–8.
- Junni, D. (2017). *Pengembangan Strategi dan Model Pembelajaran; inovatif, kreatif, dan Prestatif dalam Memahami Peserta Didik (Cet.1)*. Surabaya: Pustaka Media.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Internalisasi Perubahan Iklim dalam Kurikulum Pendidikan*. (Diakses 23 Maret 2023). <https://ppid.menlhk.go.id/berita/siaran-pers/5871/internalisasi-perubahan-iklim-dalam-kurikulum-pendidikan>
- Khery, Y., Sarjan, M., Ahzan, S., & Efendi, I. (2022). Konseptualisasi Literasi Sains Mengacu pada Kerangka PISA Sejak Tahun 2000. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 2(4), 194–225.
- Khoiriyah, A. J., & Husamah, H. (2018). Problem-based learning: Creative thinking skills, problem-solving skills, and learning outcome of seventh grade students. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 4(2), 151–160.
- Komisi, W. H. O. (2001). *Mengenai Kesehatan dan Lingkungan*. (2001). Planet Kita Kesehatan Kita. Kusnanto H.
- Kurniasih, R., & Hakim, D. L. (2019). Berpikir kritis siswa dalam materi segiempat. *Prosiding Sesiomadika*, 2(1e), 1135–1145. <https://journal.unsika.ac.id/index.php/sesiomadika/article/view/2911>, diakses Kamis 4 Maret 2021 pukul 16:52:02 WIB
- Lendeon, G. R., & Poluakan, C. (2022). Pengaruh Model (PBL) Terhadap Keterampilan Literasi Sains Peserta didik. *Science Learning Journal*, 3(1), 14–21.
- Lesmono, A. D., Wahyuni, S., & Dita Alfiana, R. N. (2021). Pengembangan Bahan Ajar Fisika Berupa Komik pada Materi Cahaya di SMP. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 1(1), 100–105.
- Lutfianis, J. A., Wijaya, A. F. C., & Purwanto, P. (2021). Application Of Problem Based Learning Model Using Education For Sustainable Development Context In Improving Critical Thinking Ability For Junior High School Students At Heat Theory. *Dinamika Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 12(2), 98-103.
- Magdalena, I., Agustin, E. R., & Fitria, S. M. (2024). Konsep Model Pembelajaran. *Sindoro: Cendikia Pendidikan*, 3(1), 1-10.
- Malihah, L. (2022). Tantangan Dalam Upaya Mengatasi Dampak Perubahan Iklim Dan Mendukung Pembangunan Ekonomi Berkelanjutan: Sebuah Tinjauan. *Jurnal Kebijakan Pembangunan*, 17(2), 219-232.
- Mardiyanti, N. E. A., & Jatmiko, B. (2022). Keefektifan Pembelajaran Fisika dengan Model Inkuiri Terbimbing Berbantuan PhET Interactive Simulations untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta didik SMA. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(2), 328.
- Mareti, J. W., & Hadiyanti, A. H. D. (2021). Model Problem Based Learning Untuk Meningkatkan

- Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar IPA Siswa. *Jurnal Elementaria Edukasia*, 4(1), 31–41. <https://doi.org/10.31949/jee.v4i1.3047>
- Masita, S. I., Donuata, P. B., Ete, A. A., & Rusdin, M. E. (2020). Penggunaan Phet Simulation Dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 5(2), 136.
- Materi Pelatihan Program Sekolah Penggerak Ringkasan Materi. 2021. (<https://sekolah.penggerak.kemdikbud.go.id/wp-content/uploads/2021/02/Paparan-Program-Sekolah-Penggerak.pdf> diakses pada tanggal 24 Februari 2024).
- Moh. Shohib, Yuni Sri Rahayu, Wasis, W., & Eko Hariyono. (2021). Scientific Literacy Ability of Junior High School Students on Static Electricity and Electricity in Living Things. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 2(6), 700–708.
- Mubarok, A. A., Setiawan, W., & Wibisono, Y. (2020). UPINav: Aplikasi Markerless Augmented Reality untuk Media Informasi UPI Berbasis Android. *JATIKOM: Jurnal Aplikasi dan Teori Ilmu Komputer*, 3(1), 8-12.
- Muliani, Marhami, & Lukman, I. R. (2021). Persepsi Mahapeserta didik Calon Guru Tentang Literasi Sains. *JISIP (Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan)*, 5(1).
- Muntamah, M., Roshayanti, F., & Hayat, M. S. (2024). Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMK Pada Pembelajaran Projek IPAS Berorientasi ESD dan Berbasis STEAM. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 15(1), 80-87.
- Murdani, E. (2020). Hakikat Fisika Dan Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Filsafat Indonesia*, 3(3), 72–80. <https://doi.org/10.23887/jfi.v3i3.22195>
- Nandika, R., & Gunoto, P. (2018). Pemanfaatan Sel Surya 50 Wp Pada Lampu Penerangan Rumah Tangga di Daerah Hinterland. *Sigma Teknika*, 1(2), 185-195.
- Nirwana, M., Nur, M., & Jatmiko, B. (2021). The Problem-Solving Skills Profile of Tsanawiyah Islamic School Students in the Vibration, Wave, and Sound Learning Materials. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 2(2), 158-170.
- Nurkhasanah, D., Wahyudi, W., & Indarini, E. (2019). Penerapan Model Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta didik Kelas V Sd. *Satya Widya*, 35(1), 33–41. <https://doi.org/10.24246/j.sw.2019.v35.i1.p33-41>
- Pakasi, Supartinah. 1985. *Anak Dan Perkembangannya*. Jakarta: Gramedia
- Patz, J. A., & Kovats, R. S. (2002). Hotspots in climate change and human health. *Bmj*, 325(7372), 1094-1098.
- Perwitasari, S. I., Hariyono, E., & Susantini, E. (2023). Implementation of ESD (Education for Sustainable Development) in Climate Change Learning: A Literature Review. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 4(4), 399–415. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v4i4.317>
- Pratiwi, I. I., Wijaya, A. F. C., & Ramalis, T. R. (2019, December). Penerapan PBL dengan konteks ESD untuk meningkatkan hasil belajar kognitif peserta didik. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) (Vol. 8, pp. SNF2019-PE)*.
- Purnamasari, S., & Hanifah, A. N. (2021). Education for Sustainable Development (ESD) dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Kajian Pendidikan IPA*, 1(2), 69-75. <http://dx.doi.org/10.52434/jkpi.v1i2.1281>
- Putri, T., Suwarma, I. R., Danawan, A., & Wijaya, A. F. C. (2019, December). Penerapan Model Real World Situation Problem Based Learning Menggunakan Konteks ESD dalam Meningkatkan Sustainability Awareness Siswa di Kelas X. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) (Vol. 8, pp. SNF2019-PE)*.
- Radhiyah, R. W., & Hariyono, E. (2022). Pemanfaatan Terrarium Sederhana dengan Model untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta didik pada Materi Perubahan Iklim. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 7(2), 299. <https://doi.org/10.28926/briliant.v7i2.959>
- Riduwan. (2015). *Skala pengukuran variable-variabel penilaian*. Bandung: Alfabeta.
- Saffanah, N. N., & Hamdu, G. (2022). Analisis Rubrik Penilaian Keterampilan Berpikir Kritis Berbasis ESD di Kelas Tinggi Sekolah Dasar. *Judika (Jurnal Pendidikan Unsika)*, 10(1), 1–15. <https://doi.org/10.35706/judika.v10i1.5344>
- Septiningrum, D., Khasanah, N., & Khoiri, N. (2021). Pengembangan Bahan Ajar Biologi Materi Virus Berbasis SocioScientific Issues (SSI) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa.

- Phenomenon: *Jurnal Pendidikan MIPA*, 11(1), 87-104.
- Simanjunta, R. M., Batu, S. S. S. L., Hutauruk, A., & Gultom, S. (2023). Efektivitas Model Pembelajaran Problem Based Learning terhadap Peningkatan Kemampuan Pemahaman Matematis dan Kreativitas Siswa Pada Materi Segi Empat Kelas VII. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(5), 7061-7074.
- Siregar, Harrys. (2003). Peranan Fisika pada Disiplin Ilmu Teknik Kimia. Medan: Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Susilana, R., & Riyana, C. (2008). Media pembelajaran: hakikat, pengembangan, pemanfaatan, dan penilaian. CV. Wacana Prima.
- Sudijono, A. (2013). Pengantar evaluasi pendidikan. PT. Raja.
- Sugianto, I., Suryandari, S., & Age, L. D. (2020). Efektivitas Model Pembelajaran Inkuiri Terhadap Kemandirian Belajar Peserta didik Di Rumah. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(3), 159–170. <https://doi.org/10.47492/jip.v1i3.63>
- Sugiono. (2020). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D (Issue April).
- Sulastika, S. Metode PBL Pada Pembelajaran Simulasi Dan Komunikasi Digital (Simdig) Materi Fitur Pembuatan Slide Presentasi. In *Science, Engineering, Education, and Development Studies (SEEDS): Conference Series (Vol. 4, No. 2)*.
- Tampubolon, B. I., Sehabudin, U., Hadianto, A., & Wijaya, H. (2023). Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Berkelanjutan Bernilai Ekonomi Berbasis Gender Equality and Social Inclusion di Kota Sukabumi. *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 9(3), 297–303. <https://doi.org/10.29244/agrokreatif.9.3.297-303>
- Taimur, S., & Sattar, H. (2020). Education for Sustainable Development and Critical Thinking Competency. Springer Nature Switzerland AG, 238–248
- Trianto. (2010). Model Pembelajaran Terpadu. Pt Bumi Aksara.
- Wahyuni, S., Khoiri, N., & Novita, M. (2024). Validasi LKPD Konsep Energi Berorientasi ESD dengan Berbasis Pembelajaran Berdiferensiasi. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 15(1), 95-104.
- Wardani, C., & Jatmiko, B. (2021). The Effectiveness of Tpack-Based Learning Physics with The PBL Model to Improve Students' Critical Thinking Skills. *International Journal of Active Learning*, 6(1), 17-26.