

The Effect of STEM-Based Learning Cycle 5E Learning Model on Critical Thinking Skills Ability of Elementary School Students

[Pengaruh Model Pembelajaran Learning Cycle 5E Berbasis STEM Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar]

Choiril Umami¹⁾, Fitria Wulandari^{*2)}

¹⁾Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: fitriawulandari@umsida.ac.id

Abstract. This study aims to determine the effect of STEM-based Learning Cycle 5E learning model on critical thinking skills of elementary school students in science subjects. Critical thinking skills are 21st century competencies that are important to develop early on. The study used a quantitative approach of Pre-Experimental Design type with One-Group Pretest-Posttest design and involved 23 fifth grade students of SD Muhammadiyah 5 Porong. The instrument was an essay test based on Facione's six critical thinking indicators: interpretation, analysis, evaluation, inference, explanation, and self-regulation. The analysis results showed an average N-Gain value of 0.6731 (medium category), and the Wilcoxon Signed Rank Test produced Asymp. Sig. (2-tailed) of 0.000 (<0.05), which means there is a significant increase between the pretest and posttest scores. These results prove that the STEM-based Learning Cycle 5E model is effective in improving students' critical thinking skills. This model encourages active, collaborative, and contextualized learning through exploration and solving real problems. This finding confirms the importance of implementing innovative models that integrate STEM approaches to equip students with high-level thinking skills that are relevant in the global era.

Keywords - Learning Cycle 5E, STEM, Critical Thinking, IPA.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM terhadap kemampuan berpikir kritis siswa SD pada mata pelajaran IPA. Keterampilan berpikir kritis merupakan kompetensi abad ke-21 yang penting dikembangkan sejak dulu. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif jenis Pre-Eksperimental Design dengan desain One-Group Pretest-Posttest dan melibatkan 23 siswa kelas V SD Muhammadiyah 5 Porong. Instrumen berupa tes esai berdasarkan enam indikator berpikir kritis Facione: interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, penjelasan, dan regulasi diri. Hasil analisis menunjukkan nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,6731 (kategori sedang), serta uji Wilcoxon Signed Rank Test menghasilkan Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar 0.000 (< 0.05), yang berarti terdapat peningkatan signifikan antara skor pretest dan posttest. Hasil ini membuktikan bahwa model Learning Cycle 5E berbasis STEM efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Model ini mendorong pembelajaran aktif, kolaboratif, dan kontekstual melalui eksplorasi dan pemecahan masalah nyata. Temuan ini menegaskan pentingnya penerapan model inovatif yang mengintegrasikan pendekatan STEM guna membekali siswa dengan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang relevan di era global.

Kata Kunci - Learning Cycle 5E, STEM, Berpikir Kritis, IPA.

I. PENDAHULUAN

Pendidikan abad 21 menuntut penguasaan pada keterampilan berpikir, seperti berpikir logis, analisis, kritis, dan kreatif [1]. Agar menjadi pribadi yang terdidik dan terampil, siswa perlu menguasai sejumlah keterampilan di abad 21 [2]. Adapun tiga subjek keterampilan abad 21 meliputi keterampilan dalam kehidupan dan karier, keterampilan belajar dan inovasi, serta keterampilan media informasi dan teknologi. Bidang keterampilan belajar dan inovasi mencakup berpikir kritis, komunikasi, kreativitas, dan kolaborasi [3]. Keterampilan abad 21 ini sebenarnya bukan hal yang baru, misalnya keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah yang telah menjadi bagian dari perkembangan kehidupan manusia dan kemajuan peradaban sepanjang sejarah [4]. Keterampilan berpikir kritis merupakan kemampuan siswa untuk menganalisis argumen, mengevaluasi informasi, menarik kesimpulan, dan

menyelesaikan masalah dengan cara yang rasional [5]. Facione (2013) menyatakan ada enam indikator berpikir kritis yang meliputi: (1) Interpretasi, yaitu memahami dan mengekspresikan tujuan dari suatu informasi yang diperoleh; (2) Analisis, yaitu mengklarifikasi kesimpulan berdasarkan informasi yang dimiliki dengan apa yang ditanyakan dari permasalahan yang disajikan; (3) Evaluasi, yaitu menilai kredibilitas pernyataan yang diberikan berdasarkan keterkaitan informasi yang dimiliki dengan apa yang ditanyakan dari permasalahan yang disajikan; (4) Inferensi, yaitu mengidentifikasi elemen-elemen yang dibutuhkan dalam membuat kesimpulan berkaitan dengan permasalahan yang diberikan dan konsekuensinya sesuai dengan informasi yang ada; (5) Penjelasan, yaitu menalar dalam memberikan alasan yang masuk akal dari bukti, konsep, strategi dan kriteria logis yang didapat berdasarkan data yang ada; (6) Regulasi diri, yaitu kemampuan dalam memeriksa kembali kegiatan kognitif diri, elemen-elemen yang digunakan, serta hasil yang didapat. Pada indikator ini bertujuan mengoreksi, memvalidasi dan mengkonfirmasi hasil penalaran yang telah dilakukan [6].

Keterampilan berpikir kritis merupakan kemampuan yang penting dimiliki oleh semua siswa, sehingga perlu ada kebiasaan dan latihan berpikir kritis sejak usia dini, terutama pada tingkat sekolah dasar [7]. Dengan demikian, diharapkan siswa dapat mengembangkan kemampuan berpikir mereka, meningkatkan rasa percaya diri, dan keberanian untuk menyampaikan gagasan yang didukung dengan alasan yang relevan. Melalui penerapan keterampilan abad 21 dalam proses belajar mengajar di sekolah, diharapkan mencetak sumber daya manusia yang unggul [8]. Namun masih banyak ditemui permasalahan terkait dengan kemampuan berpikir kritis.

Permasalahan umum yang sering ditemui terkait berpikir kritis di lapangan yaitu, siswa masih kesulitan dalam menjawab pertanyaan mengenai penerapan dan penalaran daripada pemahaman [9]. Pada saat guru mengajukan pertanyaan mengenai suatu permasalahan, masih banyak siswa yang cenderung pasif dalam memberikan argumen atau gagasannya [10]. Selain itu, permasalahan yang banyak ditemukan adalah seringnya menggunakan metode ceramah, sehingga berdampak pada kurangnya keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran [11]. Penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa pembelajaran yang hanya fokus pada aktivitas mengingat, memahami, dan menerapkan materi cenderung menghambat perkembangan keterampilan berpikir kritis siswa [12].

Pada hasil observasi yang dilakukan peneliti di SD Muhammadiyah 5 Porong tepatnya pada kelas V menunjukkan bahwa kemampuan siswa dalam megevaluasi dan menganalisis soal masih rendah. Siswa cenderung bergantung pada informasi sederhana dengan mencari jawaban secara cepat dan singkat daripada melakukan pemahaman yang lebih dalam. Dalam pembelajaran siswa diarahkan agar siswa menghafal konsep yang disampaikan guru dan memiliki hasil belajar yang tuntas tanpa memperhatikan proses berpikir kritis siswa dalam menyelesaikan soal atau memecahkan masalah. Padahal selama ini siswa masih banyak yang mengalami kesulitan dalam memahami atau memecahkan masalah. Penerapan model pembelajaran yang belum efektif tidak akan bisa memfasilitasi siswa dalam melatih keterampilan berpikir kritisnya [13]. Oleh karena itu, seharusnya guru lebih memperhatikan dan mencoba untuk mengidentifikasi kesulitan siswa dalam melakukan penalaran yang lebih dalam, sehingga guru dapat merancang model pembelajaran yang dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Berdasarkan pemaparan permasalahan diatas perlu dilaksanakan pembelajaran yang dapat mengoptimalkan kemampuan berpikir kritis yang dimiliki siswa, dengan pembelajaran yang mendorong mereka agar aktif. Untuk mendukung keaktifan dan kemampuan berpikir siswa, guru dapat mengkombinasikan berbagai model pembelajaran yang dapat meningkatkan keterlibatan siswa, sehingga pemahaman siswa dan tujuan pembelajaran dapat tercapai [11]. Agar tujuan pembelajaran tercapai, penting untuk menciptakan proses belajar yang bermakna. Pembelajaran yang bermakna tercipta ketika siswa terlibat langsung dalam proses kegiatan belajar, bukan sekadar mendengarkan ceramah atau menghafal materi, tetapi mereka dapat menemukan bahkan memecahkan masalah [14]. Hal ini dapat didukung dengan penerapan model pembelajaran yang dapat mendukung kemampuan berpikir kritis, yaitu model pembelajaran Learning Cycle 5E. Adanya model pembelajaran ini merupakan bentuk perubahan dari pembelajaran tradisional menuju pembelajaran modern yang mendukung keterampilan berpikir kritis [15]. Model pembelajaran Learning Cycle 5E adalah model pembelajaran yang berpusat pada siswa, dimana baik guru maupun siswa aktif terlibat dalam proses belajar [16]. Model ini dikembangkan oleh Roger Bybee [17]. Menurut Bybee dkk (2006) dalam model pembelajaran Learning Cycle 5E terdiri dari lima fase, yaitu fase *engagement* (keterlibatan), fase *exploration* (eksplorasi), fase *explanation* (penjelasan), fase *elaboration* (elaborasi), dan fase *evaluation* (evaluasi) [18]. Dalam model pembelajaran ini, siswa tidak hanya mendengarkan penjelasan dari guru, tetapi juga dituntut untuk aktif menggali dan memperdalam pemahaman mereka terhadap konsep-konsep yang dipelajari [19]. Fase-fase pada model pembelajaran ini mendukung pengembangan kemampuan berpikir siswa melalui pembelajaran yang lebih efektif, sehingga memudahkan siswa untuk menemukan jati diri, menggali pemikiran mereka, serta belajar untuk berpikir lebih kritis [20]. Temuan pada penelitian lain, menyatakan bahwa Learning Cycle 5E dapat melatih kemampuan berpikir kritis [18]. Selain model pembelajaran, diperlukan juga pendekatan pembelajaran yang dapat meningkatkan kualitas pembelajaran.

Di era ini, pendidikan berfokus pada peningkatan kualitas pembelajaran untuk mengikuti perkembangan zaman yang mengharuskan siswa menguasai keterampilan dalam teknologi informasi dan komunikasi [21]. Pendekatan STEM merupakan inovasi dalam pembelajaran abad ke-21 yang dapat membantu mengatasi berbagai tantangan dalam pendidikan [22]. STEM adalah pendekatan pembelajaran terpadu yang menggabungkan empat

disiplin ilmu, yaitu *science, technology, engeneering, dan mathematics* [23]. Menurut Ennies (2011), penerapan pendekatan STEM dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Dengan mengintegrasikan keempat komponen tersebut, pendekatan ini mendorong siswa untuk melakukan aktivitas berpikir yang membantu memunculkan daya berpikir kritis siswa, seperti memecahkan masalah, membuat keputusan, menganalisis asumsi, mengevaluasi, dan melakukan penyelidikan [9]. Menurut penelitian lain, Torlakson (2014) pembelajaran STEM mengajarkan siswa untuk berpikir kritis, melakukan penyelidikan, menyelesaikan masalah, kolaborasi, serta menerapkan prinsip rekayasa dalam desain [24]. Hal ini juga didukung oleh penelitian lain yang menyatakan bahwa pendekatan STEM terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa, khususnya di tingkat sekolah dasar [9]. Dengan adanya pendekatan STEM yang terintegrasi dengan model pembelajaran konstruktivisme, maka model pembelajaran Learning Cycle 5E adalah salah satu model pembelajaran yang dapat dipadukan untuk meningkatkan proses berpikir peserta didik, karena model pembelajaran tersebut berorientasi pada penyelesaian masalah dengan keterampilan berpikir.

Pengintegrasian model pembelajaran ini sangat penting karena dapat memberikan dampak tambahan yang signifikan. Model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM, dapat membantu meningkatkan motivasi dan kreativitas siswa. Keterlibatan dalam proyek yang menantang dan terkait dengan dunia nyata mendorong siswa untuk berpikir kritis ketika mereka mencari solusi [25]. Dengan model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM ini dapat mendorong siswa untuk berpikir lebih mendalam dan analitis dalam memecahkan masalah. Pengintegrasian model pembelajaran ini juga dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa, seperti observasi, eksperimen, dan analisis data. Keterampilan ini penting untuk pengembangan berpikir kritis dan pemecahan masalah yang efektif [26]. Hal ini juga didukung oleh peneliti sebelumnya, menurut Bybee dan Fuchs (2006) model Learning Cycle 5E adalah salah satu model terbaik untuk pendidikan STEM, karena mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis, mendorong pembelajaran yang bermakna, dan membantu siswa menyelesaikan masalah sehari-hari dengan mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu [16].

Penerapan model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM ini dapat diterapkan pada mata pelajaran IPA yang berkaitan langsung dengan kehidupan sehari-hari siswa. Pada model pembelajaran ini memungkinkan integrasi berbagai disiplin ilmu dan penerapan pengetahuan yang diperoleh ke dalam kehidupan sehari-hari [16]. Model ini mengedepankan pembelajaran yang berbasis penemuan, di mana siswa terlibat langsung dalam proses eksplorasi dan pengamatan tentang fenomena yang ada. Model ini mendukung pembelajaran yang aktif dan kolaboratif, siswa akan bekerja dalam kelompok untuk memecahkan masalah atau eksperimen yang dapat membangun interaksi sosial yang baik. Model ini juga sesuai untuk pembelajaran IPA yang membutuhkan keterlibatan langsung dengan konsep-konsep ilmiah. Tidak hanya itu, model ini mengintegrasikan ilmu pengetahuan, teknologi, teknik, dan matematika. Model ini memberikan pengalaman belajar yang holistik, di mana siswa tidak hanya memahami konsep IPA tetapi juga bagaimana konsep tersebut berhubungan dengan teknologi dan aplikasi dunia nyata, sehingga mendorong siswa untuk berpikir kritis. Pentingnya melatih keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran IPA tidak hanya membantu pemahaman konsep, tetapi juga meningkatkan hasil belajar siswa dan mendukung kemampuan berpikir kritis siswa [27]. Oleh karena itu, model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM cocok diterapkan dalam pembelajaran IPA. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang menyatakan Learning Cycle 5E berbasis STEM berpengaruh terhadap hasil belajar IPA [22].

Penelitian ini bertujuan untuk melihat bagaimana pengaruh model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM terhadap kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar. Penelitian ini diharapkan dapat berpengaruh signifikan terhadap keterampilan yang dibutuhkan pada abad 21, yaitu keterampilan berpikir kritis. Dengan kemampuan berpikir kritis ini memungkinkan siswa untuk mampu menilai dan mempertimbangkan sisi positif dan negatif dari suatu masalah yang dihadapi, sebelum akhirnya memutuskan untuk menerima atau menolaknya [28].

II. METODE

Penelitian ini menggunakan penelitian eksperimen kuantitatif, metode ini disebut metode kuantitatif karena data yang digunakan berupa angka-angka dan analisis menggunakan statistik. Jenis penelitian ini menggunakan *Pre-Experimental Design*, jenis penelitian ini masih ada variabel luar yang mempengaruhi terbentuknya variabel dependen [29]. Oleh karena itu, hasil eksperimen yang menjadi variabel dependen tidak hanya dipengaruhi oleh variabel independen saja. Hal ini bisa terjadi karena tidak adanya variabel kontrol dan sampel yang tidak dipilih secara random. Desain penelitian ini menggunakan *One-Group Pretest-Posttest Design*, pada desain ini terdapat *pretest* (sebelum diberi perlakuan) dan *posttest* (setelah diberi perlakuan) [29]. Dengan demikian, hasil perlakuan dapat diketahui dengan lebih akurat, karena dapat dibandingkan dengan kondisi sebelum diberi perlakuan dan setelah diberi perlakuan. Pada penelitian ini ada dua variable, yaitu variable bebas dan variable terikat. Variable bebas dalam penelitian ini adalah model pembelajaran Learning Cycle 5E, sedangkan variable terikat pada penelitian adalah kemampuan berpikir kritis siswa dalam mata pelajaran IPAS. Peneliti menggunakan bagian desain sebagai berikut.

Tabel 1. Desain *One-Group Pretest-Posttest*

Pretest	Perlakuan (Treatment)	Posttest
O ₁	X	O ₂

Keterangan :

O₁ : Nilai pretest sebelum diterapkan model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM

X : Perlakuan dengan menggunakan model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM

O₂ : Nilai posttest setelah menggunakan model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM

Populasi dalam penelitian ini adalah siswa kelas V SD Muhammadiyah 5 Porong. Dengan jumlah 23 siswa, 10 laki-laki dan 13 perempuan. Setelah mengetahui populasi dari penelitian yang akan dilakukan, selanjutnya adalah menentukan sampel penelitian. Adapun sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu sampling jenuh, teknik penentuan sampel ini jika semua anggota populasi digunakan sebagai sampel. Hal ini sering dilakukan jika jumlah populasi relatif kecil yaitu kurang dari 30 orang, atau penelitian yang bertujuan membuat generalisasi dengan kesalahan yang sangat minim. Istilah lain sampel jenuh adalah sensus, yaitu semua anggota populasi dijadikan sampel. Selanjutnya, akan dilakukan penerapan model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM pada semua populasi.

Integrasi pendekatan STEM dalam setiap fase model pembelajaran Learning Cycle 5E menjadi kunci dalam merancang aktivitas pembelajaran yang mendorong keterlibatan aktif siswa. Melalui integrasi ini, aktivitas pembelajaran tidak hanya terfokus pada pemahaman konsep, tetapi juga menekankan pada proses berpikir kritis, pemecahan masalah, dan penerapan ilmu pengetahuan dalam konteks kehidupan nyata. Oleh karena itu, analisis terhadap integrasi dan aktivitas dalam pembelajaran menjadi penting untuk memahami sejauh mana model ini mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa secara optimal. Untuk memberikan gambaran lebih jelas, berikut tabel 2 menyajikan bentuk integrasi elemen STEM dalam setiap tahapan model pembelajaran Learning Cycle 5E beserta aktivitas pembelajaran yang dirancang dalam penelitian ini.

Tabel 2. Sintaks dan Aktivitas Model Pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM

Integrasi Model Pembelajaran Learning Cycle 5E dan STEM	Aktivitas Pembelajaran Model Learning Cycle 5E Berbasis STEM Pada Materi Siklus Air
<i>Engage</i>	<i>Technology</i>
	<i>Science</i>
<i>Explore</i>	<i>Science, Engineering, Mathematics</i>
	<i>Science</i>
<i>Explain</i>	<i>Science</i>
	<i>Technology</i>
<i>Elaborate</i>	<i>Science</i>
<i>Evaluate</i>	<i>Science</i>

	<ul style="list-style-type: none"> - Siswa mengevaluasi apakah eksperimen yang dilakukan efektif dalam membuktikan konsep materi siklus air. - Guru memberikan lembar evaluasi untuk merefleksi kegiatan yang sudah dilaksanakan.
--	---

Instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah tes yang dirancang untuk mengukur aspek-aspek berpikir kritis siswa. Peneliti akan memberikan tes sebelum dan sesudah penggunaan model pembelajaran learning cycle 5E berbasis STEM. Instrumen lembar tes pada penelitian ini terdiri dari soal essay dengan indikator berpikir kritis. Pada instrumen penelitian ini terdiri dari indikator dan sub indikator berpikir kritis yang dikemukakan oleh Facione [6].

Tabel 3. Indikator dan Sub-Indikator Berpikir Kritis

No	Indikator	Sub-Indikator	Deskriptor
1	<i>Interpretation</i>	- Kategorisasi	- Siswa mengkategorisasikan tahapan-tahapan pada siklus air.
		- <i>Decoding significance</i>	- Siswa mengidentifikasi makna dalam proses siklus air.
		- Menjelaskan makna	- Siswa memahami makna pada proses penguapan dalam siklus air.
2	<i>Analysis</i>	- Memeriksa ide	- Siswa memeriksa ide benar/tidak pada suatu masalah.
		- Mengenali argumentasi	- Siswa memahami argumentasi suatu masalah dan menghubungkan dengan dampaknya.
		- Menganalisis argumentasi	- Siswa menganalisis argumentasi dengan menghubungkan dengan dampak yang terjadi.
3	<i>Evaluation</i>	- Menilai data/klaim	- Siswa menilai informasi yang ditanyakan dari permasalahan disajikan.
		- Menilai argumentasi	- Siswa menilai argumentasi terkait perbedaan informasi dalam siklus air.
4	<i>Inference</i>	- Menilai kualitas bukti	- Siswa memberikan kesimpulan pada bukti informasi yang disajikan.
		- Dugaan alternatif solusi	- Siswa membuat kesimpulan pada solusi alternatif dari permasalahan yang disajikan.
		- Pengambilan kesimpulan	- Siswa membuat kesimpulan berkaitan dengan dampak gangguan siklus air dan konsekuensinya.
5	<i>Explanation</i>	- Menyatakan hasil	- Siswa menjelaskan hasil dengan memberikan alasan yang logis berdasarkan data yang diperoleh.
		- Pemberian prosedur	- Siswa menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dengan benar serta memberikan alasan yang logis.
		- Menyajikan argumentasi	- Siswa memberikan alasan yang logis berdasarkan data yang disajikan.
6	<i>Self-Regulation</i>	- Pemantauan diri	- Siswa mereview/memeriksa kembali hasil kegiatan pada pembelajaran siklus air.
		- Perbaikan diri	- Siswa merefleksi pemahaman tentang siklus air.

Sebelum digunakan untuk penelitian, peneliti melakukan uji validitas dan uji reliabilitas yang bertujuan untuk mengetahui kelayakan suatu instrumen. Untuk memastikan bahwa instrumen penelitian memiliki validitas yang memadai, dilakukan uji validitas terhadap setiap item pada instrument penelitian. Uji validitas dilakukan dengan menggunakan korelasi Pearson Product Moment antara skor item dan skor total, dengan bantuan software statistik SPSS versi 25. Kriteria validitas yang digunakan adalah nilai koefisien korelasi (r -hitung) dibandingkan dengan r -tabel pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Jika nilai r -hitung > r -tabel, maka item dinyatakan valid. Berdasarkan hasil analisis terhadap [jumlah item] item pernyataan, diperoleh hasil dengan penjabaran sebagai berikut.

Pengujian validitas dilakukan terhadap 12 soal untuk melihat apakah setiap soal benar-benar mampu mengukur apa yang ingin diteliti. Dari hasil perhitungan, diketahui bahwa semua soal memiliki nilai r hitung yang lebih tinggi dibandingkan r tabel (0,413), sehingga seluruh soal dinyatakan valid. Artinya, seluruh pertanyaan dalam instrumen tersebut sudah sesuai dan layak digunakan untuk mengumpulkan data penelitian. Sementara itu, uji reliabilitas dilakukan untuk mengetahui seberapa konsisten instrumen tersebut jika digunakan berulang kali. Hasil uji reliabilitas menggunakan rumus Cronbach's Alpha menunjukkan nilai sebesar 0,942, yang lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa instrumen yang digunakan tergolong reliabel, sehingga hasil data yang diperoleh dapat dipercaya dan stabil.

Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah uji N-Gain (*Normalized Gain*), yang digunakan untuk mengukur pengaruh penerapan perlakuan yang diberikan oleh peneliti. Uji N-Gain ini dapat diterapkan dalam penelitian dengan desain *one-group pretest-posttest* pada satu kelompok, maupun dalam penelitian yang melibatkan kelompok kontrol. Uji ini dilakukan menggunakan *software SPSS 25*. Berikut formula yang digunakan untuk menghitung nilai N-gain [13].

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

Tabel 4. Kategori N-gain

Skor N-Gain	Kategori N-Gain
0,70 < N-gain	Tinggi
0,30 ≤ N-Gain ≤ 0,70	Sedang
N-Gain < 0,30	Rendah

Pada uji N-Gain ini, peneliti menghitung selisih antara skor rata-rata sebelum dan sesudah perlakuan. Dengan membandingkan hasil *pre-test* dan *post-test*, peneliti dapat menilai apakah penerapan model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM memberikan perbedaan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa dalam mata pelajaran IPA. Selanjutnya peneliti melakukan uji normalitas dengan syarat nilai lebih besar dari 0.05 yang menyatakan hasil uji normal. Setelah itu, untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh yang signifikan peneliti menggunakan uji Wilcoxon Signed Rank Test dengan syarat nilai yang diperoleh sebesar $P < 0.05$ yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di Sekolah Dasar Muhammadiyah 5 Porong pada kelas V yang terdiri dari 23 siswa. Berdasarkan hasil observasi dan analisis data *pretest posttest*, model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM terbukti memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Bentuk implementasi model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM melalui eksperimen siklus air sederhana. Aktivitas ini disusun dan dilaksanakan sesuai dengan sintaks model pembelajaran Learning Cycle 5E dan pendekatan STEM yang menekankan keterlibatan siswa pada eksplorasi sains dan teknologi penerapan prinsip rekayasa serta perhitungan matematika. Tahapan pada model pembelajaran Learning Cycle 5E ada lima meliputi, Fase *engagement* (keterlibatan), pada fase ini membangkitkan minat siswa dengan cara memberikan pertanyaan tentang konsep faktual. Fase *exploration* (eksplorasi), pada fase ini siswa tidak hanya sekedar menghafal tetapi membangun sendiri pengetahuannya. Fase *explanation* (penjelasan), pada fase ini siswa menjelaskan suatu konsep dengan kalimat sendiri dengan memberikan bukti. Fase *elaboration* (elaborasi) pada fase ini siswa dituntut untuk mampu menerapkan konsep sebagai dasar untuk memecahkan suatu masalah. Yang terakhir fase *evaluation* (evaluasi), pada fase ini menekankan pada perolehan informasi yang menunjukkan seberapa jauh pemahaman siswa terhadap pembelajaran. Berikut tahapan dari model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM pada penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Tahap Engagement

Tahap pertama yaitu *engagement*, tahap ini menekankan keterlibatan siswa. Siswa diberikan pertanyaan-pertanyaan mengenai siklus air. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan rasa ingin tahu siswa pada materi pembelajaran yang dilakukan.



Gambar 2. Tahap Exploration

Tahap kedua yaitu *exploration*, tahap ini siswa melakukan pengamatan secara berkelompok melalui eksperimen siklus air sederhana dengan alat dan bahan yang mudah didapatkan. Siswa melakukan pengamatan pada proses siklus air lalu mencatat hasil pengamatan pada lembar kerja yang sudah disediakan oleh guru. Kegiatan ini bertujuan untuk membangun sendiri pengetahuan siswa.



Gambar 3. Fase *Explanation*

Tahap ketiga yaitu *explanation*, pada tahap ini siswa menjelaskan proses pada setiap tahapan-tahapan siklus air melalui presentasi di depan kelas. Lalu siswa melakukan diskusi untuk membandingkan hasil pengamatan setiap kelompok. Kegiatan ini bertujuan agar siswa dapat menjelaskan konsep dengan bahasanya sendiri sesuai bukti yang ditemukan, kegiatan ini juga memacu keberanian siswa untuk menjelaskan di depan banyak orang.



Gambar 4. Fase *Elaboration*

Tahap keempat yaitu *elaboration*, pada tahap ini siswa diminta untuk menyusun data penyelidikan masalah gangguan pada siklus air dan dampaknya terhadap lingkungan. Lalu, siswa diminta untuk memberikan solusi terkait permasalahan yang dihadapi. Kegiatan ini bertujuan mendorong siswa untuk mampu melakukan pemecahan masalah.



Gambar 5. Fase *Evaluation*

Tahap kelima yaitu *evaluation*, pada tahap ini siswa mereview ulang pemahaman pada materi pembelajaran yang sudah dilakukan dengan mengerjakan soal evaluasi pada materi siklus air yang diberikan oleh guru. Kegiatan ini bertujuan untuk mengukur sejauh mana pemahaman siswa terhadap materi yang telah diajarkan.

Selama pelaksanaan siswa tampak lebih antusias dan aktif dalam mengikuti proses pembelajaran. Melalui model pembelajaran ini, kegiatan pembelajaran berjalan dengan efektif dan suasana belajar menjadi lebih menarik sehingga mampu mendorong semangat belajar siswa secara optimal. Data perbandingan peningkatan skor *pretest* dan *posttest* siswa melalui uji N-Gain dapat dijabarkan pada tabel dibawah ini

Tabel 5. Hasil Uji N-Gain

Jumlah Siswa	Skor		Skor N-gain	Kategori
	Pretest	Posttest		
23	59,783	84,565	0,673	Sedang

Berdasarkan tabel 6, penelitian ini melibatkan sebanyak 23 siswa sebagai peserta. Sebelum model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM diterapkan, rata-rata nilai *pretest* siswa adalah 59,783. Setelah mengikuti pembelajaran, nilai rata-rata *posttest* meningkat menjadi 84,565. Dari hasil perhitungan N-Gain, diperoleh nilai rata-rata sebesar 0,673 yang termasuk dalam kategori sedang. Ini menunjukkan bahwa penggunaan model Learning Cycle 5E berbasis STEM cukup efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar.

Berdasarkan hasil perhitungan N-Gain dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM terhadap kemampuan berpikir kritis yang dilakukan terbukti efektif, karena rata-rata N-Gain mencapai 0,6731 (kategori sedang). Tidak ada peserta yang mengalami penurunan (N-Gain minimum 0,45), menandakan bahwa semua peserta mendapatkan manfaat dari model pembelajaran ini. Hasil ini mencerminkan bahwa intervensi berhasil meningkatkan kemampuan peserta didik. Sebelum dilakukan analisis pengaruh model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM terhadap kemampuan berpikir kritis siswa, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas terhadap data *pretest* dan *posttest*. Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data terdistribusi secara normal, yang menjadi salah satu asumsi dalam pemilihan teknik analisis statistik. Dalam penelitian ini, uji normalitas dilakukan menggunakan Shapiro-Wilk test, mengingat jumlah sampel kurang dari 50 responden. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa kedua data, baik *pretest* maupun *posttest*, tidak berdistribusi normal secara signifikan, dengan nilai $p < 0.05$. Rincian hasil dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 6. Hasil Uji Normalitas

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
pretest	.201	23	.016	.905	23	.032
posttest	.204	23	.014	.850	23	.003

Berdasarkan hasil pada table diatas, dapat disimpulkan bahwa distribusi skor *pretest* dan *posttest* menyimpang dari distribusi normal karena nilai signifikansi lebih kecil dari $\alpha = 0.05$. Dengan demikian, untuk analisis inferensial yang membandingkan dua kondisi berpasangan, digunakan uji non-parametrik, yaitu Wilcoxon Signed-Rank Test. Uji Wilcoxon Signed Rank Test ini juga bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh atau tidak dari perlakuan yang telah dilakukan. Uji Wilcoxon Signed Rank Test juga merupakan alternatif dari uji Paired Sample T-Test [30]. Berikut merupakan hasil dari uji Wilcoxon Signed Rank Test.

Tabel 7. Hasil Uji Wilcoxon Signed Rank Test

posttest - pretest		
Z	-4.262 ^b	
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000	

Nilai signifikansi dapat diketahui dengan perbedaan kemampuan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah penerapan model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM, digunakan uji Wilcoxon Signed-Rank. Nilai yang diperoleh sebesar $P < 0.05$ menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara skor *pretest* dan *posttest*. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM secara signifikan berkontribusi dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua indikator berpikir kritis mengalami peningkatan setelah penerapan model Learning Cycle 5E berbasis STEM. Penjelasan lebih lanjut mengenai kontribusi tiap fase terhadap indikator berpikir kritis adalah sebagai berikut: (1) indikator *interpretation* dalam fase *engagement*, siswa dikenalkan pada fenomena atau permasalahan yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Aktivitas ini memicu siswa untuk memahami konteks dan makna awal informasi. Proses interpretasi ini juga diperkuat dalam fase *elaboration*, ketika siswa menghubungkan pengalaman awal dengan konsep ilmiah [31]. (2) indikator *analysis* dalam fase *exploration*, memberikan peluang bagi siswa untuk menganalisis data dan hasil eksperimen. Mereka membandingkan hasil,

mencari pola, dan menarik hubungan antar konsep [32]. Aktivitas ini menuntut kemampuan mengidentifikasi argumen, mengevaluasi bukti, dan menyusun strategi pemecahan masalah. (3) indikator *evaluation* dalam fase *explanation* dan *evaluation*, siswa dilatih untuk menilai validitas argumen dan solusi. Mereka diajak merefleksikan proses yang telah dilakukan, menilai efektivitas solusi, serta mempertimbangkan alternatif yang lebih baik berdasarkan data atau teori yang telah dipelajari. (4) indikator *inference* dalam fase *exploration* dan *elaboration* menjadikan ruang aktualisasi kemampuan inferensi, karena siswa harus mengaitkan data dengan kemungkinan solusi [33]. (5) indikator *explanation* dalam fase *explanation*, mengasah kemampuan siswa melalui diskusi kelompok, presentasi, dan aktivitas reflektif. Penjelasan menjadi lebih bermakna karena tidak sekadar menyampaikan jawaban, tetapi memberikan argumen dan alasan logis yang mendasari pendapat atau solusi yang diajukan [34]. (5) indikator *self-regulation* dalam fase *evaluation*, siswa melakukan *self-assessment* dan merevisi ide atau strategi mereka [35]. Aktivitas ini membentuk kebiasaan berpikir reflektif dan evaluatif, yang sangat penting dalam proses pembelajaran jangka panjang.

Pendekatan STEM menjadi nilai tambah dalam pembelajaran karena mampu mengintegrasikan beberapa disiplin ilmu sekaligus [36]. Ketika siswa menghadapi permasalahan yang membutuhkan pemahaman IPA, penggunaan teknologi, prinsip rekayasa, serta perhitungan matematika, mereka terdorong untuk menggunakan keterampilan berpikir tingkat tinggi secara otomatis. Projek berbasis STEM biasanya dirancang dalam konteks dunia nyata, sehingga siswa tidak hanya memahami konsep secara teoritik, tetapi juga dapat melihat aplikasinya secara praktis [37]. Pembelajaran berbasis STEM mendorong siswa untuk melakukan sintesis informasi, berpikir sistematis, dan mencari solusi inovatif [38]. Dengan demikian, selain meningkatkan keterampilan berpikir kritis, pendekatan ini juga mengembangkan *problem solving skills*, kolaborasi, dan kreativitas yang semuanya merupakan bagian integral dari profil pelajar abad ke-21. Penerapan model ini dalam mata pelajaran IPA menunjukkan bahwa pembelajaran tidak harus membosankan atau terfokus pada hafalan konsep. Justru, ketika siswa diberikan kebebasan untuk mengeksplorasi dan mengonstruksi pengetahuan melalui kegiatan ilmiah, mereka menjadi lebih antusias dan aktif. Ini sejalan dengan temuan sebelumnya bahwa model Learning Cycle 5E berbasis STEM dapat meningkatkan hasil belajar dan literasi sains siswa [39].

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM berpengaruh terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar, khususnya dalam mata pelajaran IPA. Hal ini dibuktikan dengan peningkatan skor berpikir kritis siswa setelah penerapan model pembelajaran, dengan rata-rata N-Gain sebesar 0,6731 yang tergolong dalam kategori sedang. Peningkatan tersebut dibuktikan dengan hasil uji statistik, yaitu uji Wilcoxon Signed Rank Test yang menunjukkan bahwa *Asymp. Sig. (2 tailed)* sebesar 0.000 ($0.000 < 0.05$) yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara skor *pretest* dan *posttest*. Hal ini menunjukkan bahwa model pembelajaran Learning Cycle 5E berbasis STEM terbukti berpengaruh secara signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih peneliti sampaikan kepada semua pihak yang berpartisipasi dan memberikan dukungan dalam penelitian ini, serta sekolah SD Muhammadiyah 5 Porong yang sudah berkenan untuk membantu peneliti dalam proses penelitian sampai pada tahap akhir.

REFERENSI

- [1] National Science Teacher Association, “NSTA position statement: Quality science education and 21st-century skill,” *Sci. Educ.*, no. Windschitl 2009, pp. 1–4, 2011, [Online]. Available: <https://www.nsta.org/nstas-official-positions>
- [2] J. S. Eviota and M. M. Liangco, “Jurnal Pendidikan MIPA,” *J. Pendidik.*, vol. 13, pp. 34–45, 2020.
- [3] C. L. Scott, “The Future of Learning 2: What Kind of Learning for The 21st Century?,” *Educ. Res. Foresight*, pp. 1–14, 2015.
- [4] D. T. Willingham, “Ej889143,” *Am. Educ.*, vol. 34, no. 1, pp. 17–20, 2010.
- [5] F. Rosyida, S. Zubaidah, and S. Mahanal, “Memberdayakan Keterampilan Berpikir Kritis dengan Model Pembelajaran Remap TmPS (Reading Concept Map Timed Pair Share),” *Proceeding Biol. Educ. Conf.*, vol. 13, no. 1, pp. 209–214, 2016.
- [6] P. A. Facione, “Critical Thinking : What It Is and Why It Counts,” pp. 1–28, 2013.
- [7] S. Suratmi and W. Sopandi, “Knowledge, skills, and attitudes of teachers in training critical thinking of elementary school students,” *J. Educ. Learn.*, vol. 16, no. 3, pp. 291–298, 2022, doi: <https://doi.org/10.31889/jel.v16i3.1010>

- 10.11591/edulearn.v16i3.20493.
- [8] Maharani Putri Kumalasani and D. I. Kusumaningtyas, "21 St Century Skill In Learning Models With A Steam Approach," *J. Ris. Pendidik. Dasar*, vol. 05, no. April, pp. 74–81, 2022.
 - [9] E. I. N. Davidi, E. Sennen, and K. Supardi, "Integrasi Pendekatan STEM (Science, Technology, Enggeering and Mathematic) Untuk Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar," *Sch. J. Pendidik. dan Kebud.*, vol. 11, no. 1, pp. 11–22, 2021, doi: 10.24246/j.js.2021.v11.i1.p11-22.
 - [10] E. Praninda, E. Surahman, and R. R. Putra, "Pengaruh Model Pembelajaran Learning Cycle 7E Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Pada Konsep Pencemaran Lingkungan Di Kelas VII Smp Negeri 2 Kota Tasikmalaya," *Bioma J. Ilm. Biol.*, vol. 7, no. 2, pp. 140–152, 2018, doi: 10.26877/bioma.v7i2.2800.
 - [11] P. N. Kusumayuni and A. A. G. Agung, "E-Book with a Scientific Approach on Natural Science Lesson for Fifth Grade Students of Elementary School," *J. Ilm. Sekol. Dasar*, vol. 5, no. 1, pp. 177–185, 2021.
 - [12] W. Y. Noviyanto and N. S. Wardani, "Meta Analisis Pengaruh Pendekatan Discovery Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas V Tematik Muatan Ipa," *Think. Ski. Creat. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: 10.23887/tscj.v3i1.27959.
 - [13] I. Irhamna, H. Rosdianto, and E. Murdani, "Penerapan Model Learning Cycle 5E untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Fluida Statis Kelas VIII," *J. Fis. FLUX*, vol. 14, no. 1, p. 61, 2017, doi: 10.20527/flux.v14i1.3839.
 - [14] N. Ifa Laelia and H. Hambali, "Compass: Journal of Education and Counselling PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN PROBLEM BASED LEARNING TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA PADA MATERI SISTEM KOORDINASI," *COMPASS J. Educ. Couns.*, vol. 1, pp. 287–292, 2023.
 - [15] I. W. Redhana, "Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Peta," pp. 141–148, 2010.
 - [16] S. Eroğlu and O. Bektaş, "The effect of 5E-based STEM education on academic achievement, scientific creativity, and views on the nature of science," *Learn. Individ. Differ.*, vol. 98, 2022, doi: 10.1016/j.lindif.2022.102181.
 - [17] M. Zenc, H. Dursun, and S. Sahin, "Pengaruh kegiatan yang dikembangkan dengan Web 2 . 0 tools berbasis model learning cycle 5e terhadap prestasi perkalian siswa kelas iv," vol. 7, no. 3, pp. 105–123, 2020.
 - [18] F. M. P. Wisanti, "PEDOMAN PENULISAN ARTIKEL E-JOURNAL UNESA PENGEMBANGAN LKPD PAKU BERBASIS LEARNING CYCLE 5E UNTUK MELATIHKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK KELAS X SMA Development LKPD 'Fern' Based on Learning Cycle 5E to Train Critical Thinking Skills of 1," *Berk. Ilm. Pendidik. Biol.*, vol. 12, no. 2, pp. 365–379, 2023.
 - [19] R. Tanfiziyah, M. Khasanah, R. Riandi, and B. Supriatno, "Inovasi Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi: Model Learning Cycle 5E Menggunakan Gather Town pada Materi Protista," *Biodik*, vol. 7, no. 3, pp. 1–10, 2021, doi: 10.22437/bio.v7i3.13096.
 - [20] M. Bahtiar, Ibrahim, "Jurnal PIPA: Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam," *J. PIPA Pendidik. Ilmu Pengetah. Alam*, vol. 05, no. 01, pp. 28–35, 2024, [Online]. Available: <https://jurnal.habi.ac.id/index.php/JP-IPA>
 - [21] I. H. Mu'minah, "Studi Literatur: Pembelajaran Abad-21 Melalui Pendekatan Steam (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) dalam Menyongsong Era Society 5.0," *Pros. Semin. Nas. Pendidik.*, vol. 3, pp. 584–594, 2021.
 - [22] N. M. A. Wiriani and I. M. Ardana, "The Impact of the 5E Learning Cycle Model Based on the STEM Approach on Scientific Attitudes and Science Learning Outcomes," *Mimb. PGSD Undiksha*, vol. 10, no. 2, pp. 300–307, 2022, doi: 10.23887/jjpsd.v10i2.48515.
 - [23] I. M. Salma, S. A. Hariyani, and P. Pujiastuti, "Pengaruh Model Pembelajaran Learning Cycle (5E) Berbasis STEM terhadap Literasi Sains dan Hasil Belajar Siswa Kelas X," *DWIJA CENDEKIA J. Ris. Pedagog.*, vol. 6, no. 2, p. 197, 2022, doi: 10.20961/jdc.v6i2.61600.
 - [24] A. A. Dywan and G. S. Airlanda, "Efektivitas Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis STEM dan Tidak Berbasis STEM terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa," *J. Basicedu*, vol. 4, no. 2, pp. 344–354, 2020, doi: 10.31004/basicedu.v4i2.353.
 - [25] E. Priawasana and A. Muis, "Development of Learning Cycle 5E Oriented Learning Tools to Critical Thinking Skills and Creative Thinking," *Indones. J. Instr. Media Model*, vol. 3, no. 2, p. 86, 2021, doi: 10.32585/ijimm.v3i2.2058.
 - [26] N. Chayati, M. Masykuri, and S. B. Utomo, "Development Learning Cycle 5E Module Integrated with Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in Thermochemistry," *JKPK (Jurnal Kim. dan Pendidik. Kim.)*, vol. 5, no. 3, p. 282, 2020, doi: 10.20961/jkpk.v5i3.38938.
 - [27] A. Gazali, A. Hidayat, and L. Yuliati, "Efektivitas Model Siklus Belajar 5E terhadap Keterampilan Proses Sains dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa," *J. Pendidik. Sains*, vol. 3, no. 1, pp. 10–16, 2015, doi: 10.17977/jps.v3i0.4833.
 - [28] R. K. Hayati and A. C. Utomo, "Jurnal basicedu. Jurnal Basicedu," *J. Basicedu*, vol. 5, no. 5, pp. 3(2), 524–532, 2020, [Online]. Available: <https://journal.uii.ac.id/ajie/article/view/971>

- [29] Prof. Dr. Sugiyono, "METODE PENELITIAN KUANTITATIF, KUALITATIF DAN R & D," pp. 74–75, 2013.
- [30] A. Sembiring, N. Khuzaini, and R. Winarni, "Analisis Desain dan Efektifitas Media Pembelajaran " Ulih Latih " untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Siswa," vol. 07, no. 01, pp. 4292–4300, 2024.
- [31] Rizal Umami, "Efektifitas Model Pembelajaran Blended Learning Dengan Pendekatan STEM Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Di SMA IT TGH UMAR Kelayu Tahun 2021/2022," *J. Pengabdi. Magister Pendidik. IPA*, vol. 5, no. 2, Jun. 2022, doi: 10.29303/jpmppi.v5i2.1601.
- [32] P. Yáñez-Moreta and B. Loaiza-Ramírez, "The learning process: key phases and elements," in *DEVELOPMENT AND ITS APPLICATIONS IN SCIENTIFIC KNOWLEDGE*, Seven Editora, 2023. doi: 10.56238/devopinterscie-061.
- [33] V. Kotu and B. Deshpande, "Data Exploration," in *Predictive Analytics and Data Mining*, Elsevier, 2015, pp. 37–61. doi: 10.1016/B978-0-12-801460-8.00003-3.
- [34] D. S. Sivia, J. L. Rhodes, and S. G. Rawlings, "Data analysis," in *Foundations of Science Mathematics*, Oxford University Press, 2020. doi: 10.1093/hesc/9780198797548.003.0016.
- [35] H. Mashita, M. Martini, and M. A. Mahdiannur, "Analisis Keterlaksanaan Dan Aktivitas Belajar Peserta Didik Menggunakan Model Pembelajaran Inquiry Cycle Berbantuan Javalab," *JPF (Jurnal Pendidik. Fis. Univ. Islam Negeri Alauddin Makassar*, vol. 12, no. 1, pp. 1–11, Jan. 2024, doi: 10.24252/jpf.v12i1.40362.
- [36] A. Widyawati, . S., H. Kuswanto, S. Suyanto, and T. M. Zhanbyrbaevna, "STEM Learning Model's Impact on Enhancing Critical Thinking Skills and Motivation: A Literature Review," *Int. J. Relig.*, vol. 5, no. 3, pp. 200–204, Mar. 2024, doi: 10.61707/kc4x8954.
- [37] O. Zadorozhna, I. Mordous, and F. Revin, "STEM AS AN INTEGRAL PART THE SCIENCE EDUCATION CURRICULUM," *Актуальні питання у сучасній науці*, no. 8(26), Aug. 2024, doi: 10.52058/2786-6300-2024-8(26)-748-758.
- [38] S. Fajrina, L. Lufri, and Y. Ahda, "Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) as A Learning Approach to Improve 21st Century Skills: A Review," *Int. J. Online Biomed. Eng.*, vol. 16, no. 07, pp. 95–104, Jun. 2020, doi: 10.3991/ijoe.v16i07.14101.
- [39] W. Wandika, - Asrizal, and - Usmedli, "The Effect of STEM-Based Learning Approaches on Critical Thinking Abilities and Student Learning Outcomes: Meta-Analysis," *J. Penelit. Pembelajaran Fis.*, vol. 9, no. 2, p. 194, Sep. 2023, doi: 10.24036/jppf.v9i2.122602.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.