

Implementation of STEM-ESD learning in improving critical thinking skills in renewable energy material

Muhammad Hafizh Muliakoswara, Ida Kaniawati, Irma Rahma Suwarma

Received: 16 January 2024 · Accepted: 27 September 2024 · Published Online: 30 September 2024

Copyright © 2024, Wahana Pendidikan Fisika



Abstract

Critical thinking skills are needed for future leaders and citizens to create a path for a better and sustainable future. This is in line with the Pancasila Student Profile in Kurikulum Merdeka which expects students to have the skills to think critically. Critical thinking skills be trained through learning activities, one of which is by applying STEM-ESD learning. STEM-ESD learning directs students to find solutions to problems related to sustainability issues. This study aims to analyze the improvement of students' critical thinking skills through the application of STEM-ESD on renewable energy materials. This study uses quantitative methods with one-group pretest-posttest design. The sample of this study amounted to 30 students of one high school in Bandung. The instrument used was critical thinking skills test. The application of STEM-ESD learning results in an increase in each indicator of critical thinking skills. Providing elementary clarification increased by 0.46 in the moderate category; building basic support increased by 0.66 in the moderate category; inference increased by 0.04 in the low category; making advance clarification increased by 0.49 in the moderate category; strategies and tactics increased by 0.60 in the moderate category. Overall, critical thinking skills increased by 0.45 in the moderate category.

Keywords: Critical Thinking Skills · Renewable Energy · STEM-ESD

INTRODUCTION

Pendidikan yang dijalankan saat ini sangat penting untuk meningkatkan kemampuan para pemimpin dan warga masa depan agar dapat menciptakan jalan bagi masa depan yang lebih baik dan berkelanjutan (UNESCO, 2012). Untuk bisa mewujudkan masa depan tersebut, UNESCO membuat program yang disebut *Education for Sustainable Development* (ESD). ESD merupakan salah satu program pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development*) dalam bidang pendidikan dengan tujuan untuk memastikan pendidikan berkualitas yang inklusif dan adil serta mempromosikan kesempatan belajar sepanjang hayat untuk semua (UNESCO, 2015). ESD mendorong keterampilan yang penting dalam mendukung terwujudnya masyarakat yang berkelanjutan, salah satunya adalah keterampilan berpikir kritis (UNESCO, 2012).

Keterampilan berpikir kritis merupakan keterampilan berpikir secara logis untuk memutuskan hal yang harus dipercaya dan dilakukan (Ennis, 2013). Keterampilan berpikir kritis perlu dikembangkan agar masyarakat memiliki kemampuan untuk mempertanyakan norma, praktik, dan opini; untuk merefleksikan nilai, persepsi, dan tindakan seseorang; dan mengambil posisi dalam wacana keberlanjutan (UNESCO, 2017). Keterampilan ini akan

✉ Muhammad Hafizh Muliakoswara Ida Kaniawati Irma Rahma Suwarma
koswara132@upi.edu kaniawati@upi.edu irma.rs@upi.edu

Physics Education Study Program, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia.

How to Cite: Muliakoswara, M. H., Kaniawati, I., & Suwarma, I. R. (2024). Implementation of STEM-ESD learning in improving critical thinking skills in renewable energy material. *Wahana Pendidikan Fisika*, 9(2), 121-130. <https://doi.org/10.17509/wapfi.v9i2.66656>

menjadi dasar kompetensi dalam menghadapi tantangan dalam menciptakan masa depan yang berkelanjutan. Sayangnya, keterampilan berpikir kritis belum sepenuhnya dikuasai oleh siswa di Indonesia.

Penelitian yang dilakukan oleh Nurazizah, Sinaga, dan Jauhari (2017) menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa SMA pada pembelajaran Fisika masih tergolong rendah. Adapun penelitian yang dilakukan oleh Rahmadani dan Puti (2021) menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa SMA berada pada kategori sedang, sehingga diperlukan suatu upaya yang efektif untuk meningkatkan kemampuan tersebut.

Keterampilan berpikir kritis dapat dilatih di dalam kelas melalui pembelajaran yang menuntut siswa untuk menganalisis masalah secara kritis, mengevaluasi solusi, dan memproses informasi dengan baik untuk mengambil keputusan yang masuk akal dalam menyelesaikan masalah (Khaeruddin & Bancong, 2022). Pembelajaran dengan konteks ESD dapat memasukkan isu keberlanjutan ke dalam pembelajaran dengan menjadikan isu tersebut sebagai tema pembelajaran. Salah satu isu keberlanjutan yang bisa dijadikan tema pembelajaran adalah energi terbarukan. Sumber pembangkit listrik di Indonesia masih didominasi oleh energi tak terbarukan. Tercatat di tahun 2017, energi batu bara menjadi sumber energi paling besar untuk menghasilkan listrik dengan persentase 57,2%. Jika Indonesia belum memulai untuk melepaskan ketergantungan terhadap energi tak terbarukan artinya Indonesia belum lepas dari ancaman krisis energi. Salah satu solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan mulai beralih ke energi terbarukan. Di Indonesia, penggunaan energi terbarukan dalam bauran energi primer nasional tahun 2019 hanya sebesar 9,15% (Dewan Energi Nasional, 2020). Akses ke energi sangat penting untuk semua, seperti pekerjaan, keamanan, perubahan iklim, produksi pangan, dan peningkatan pendapatan (United Nations, 2018). Kurikulum Merdeka yang diimplementasikan di Indonesia memasukkan materi energi terbarukan ke dalam capaian pembelajaran mata pelajaran Fisika pada fase E. Hal ini dilakukan sebagai usaha untuk mencapai tujuan pembangunan yang berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*).

Pembelajaran dengan konteks ESD dapat diintegrasikan dengan pembelajaran lain yang melatih siswa untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari serta terbukti dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, salah satunya adalah pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Menurut Linh, Duc, dan Yuenyong (Linh dkk., 2019) pembelajaran STEM dikenal sebagai solusi efektif dalam pengembangan keterampilan berpikir kritis. Pembelajaran STEM dapat diintegrasikan dengan konteks ESD karena sifatnya yang integratif. Pembelajaran STEM-ESD akan mengintegrasikan aspek-aspek ESD (lingkungan sosial, ekonomi) dalam pembelajaran. Berdasarkan uraian tersebut, peneliti menyimpulkan bahwa untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dapat dilakukan dengan menerapkan pembelajaran STEM-ESD.

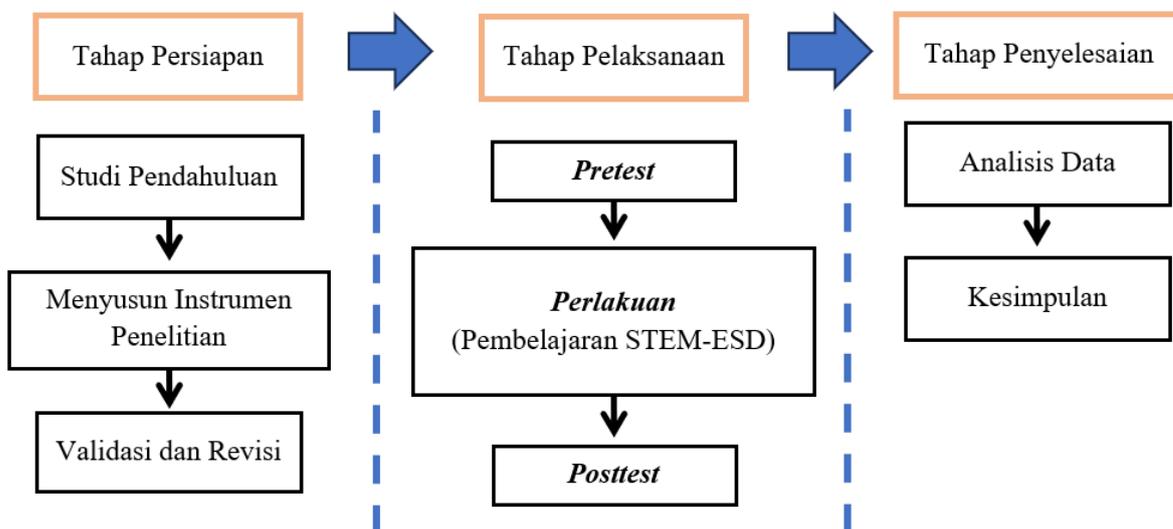
METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan *one-group pretest-posttest design*. Perlakuan yang dilakukan berupa pembelajaran STEM-ESD. Desain penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Desain penelitian *one-group pretest-posttest*

O ₁ <i>Pretest</i>	X Pembelajaran STEM-ESD	O ₂ <i>Posttest</i>
----------------------------------	----------------------------	-----------------------------------

Tujuan digunakannya desain penelitian ini adalah untuk menganalisis peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa melalui penerapan STEM-ESD pada materi energi terbarukan. Penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2022/2023. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa SMA kelas X pada salah satu SMA di Bandung. Pengambilan sampel dari populasi dilakukan secara acak menggunakan teknik *simple random sampling*. Peneliti tidak mengambil secara acak siswa yang ada, melainkan mengambil secara acak kelas yang ada di tempat penelitian. Total sampel pada penelitian ini sebanyak 30 siswa kelas X. Penelitian ini terbagi dalam 3 tahapan, yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap penyelesaian. Prosedur penelitian ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini berupa soal keterampilan berpikir kritis. Soal tersebut dibuat dalam bentuk uraian yang mencakup indikator keterampilan berpikir kritis yang dikembangkan oleh Ennis (2011). Soal keterampilan berpikir kritis divalidasi oleh 3 orang ahli yang terdiri atas 2 dosen dan 1 guru fisika. Soal tersebut lalu diuji coba di lapangan untuk melihat validitas dan reliabilitas tiap butir soal. Setelah dinyatakan valid dan reliabel, dengan koefisien reliabilitas 0,572, soal digunakan dalam penelitian dengan memberikannya kepada siswa sebelum dan sesudah siswa mendapat perlakuan berupa pembelajaran STEM-ESD. Data yang didapat dari penelitian ini berupa skor *pretest* dan *posttest* keterampilan berpikir kritis beserta klasifikasi profil keterampilan berpikir kritis. Skor *pretest* dan *posttest* keterampilan berpikir kritis kemudian diolah untuk mendapatkan nilai N-Gain dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\langle g \rangle = \frac{\%skor\ pretest - \%skor\ posttest}{100 - \%skor\ pretest} \tag{1}$$

Nilai N-gain $\langle g \rangle$ yang didapat kemudian diinterpretasikan sesuai dengan Tabel 2.

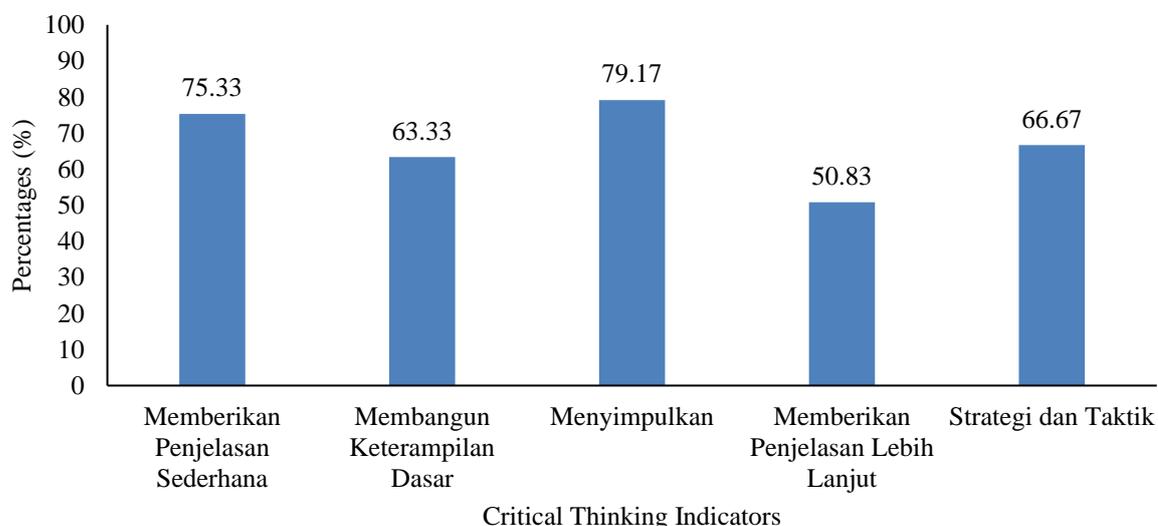
Tabel 2. Interpretasi Nilai N-gain

Nilai N-gain	Kriteria
$\langle g \rangle > 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq \langle g \rangle \leq 0,7$	Sedang
$\langle g \rangle < 0,3$	Rendah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa melalui penerapan pembelajaran STEM-ESD pada materi energi terbarukan. Pembelajaran STEM-ESD yang dilakukan dibagi menjadi 2 tahap, yaitu tahap praktik saintifik dan praktik rekayasa. Tujuan dari tahapan praktik saintifik adalah siswa dapat menemukan konsep energi kinetik dan energi potensial gravitasi melalui eksperimen sederhana, sedangkan tujuan tahapan praktik rekayasa adalah siswa dapat membuat prototipe pembangkit listrik tenaga air sebagai solusi dari permasalahan yang telah disediakan. Peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah diberi perlakuan berupa pembelajaran STEM-ESD dapat dianalisis berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest*. Hasil *pretest* untuk setiap indikator keterampilan berpikir kritis yang didapat oleh siswa ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skor *Pretest* Keterampilan Berpikir Kritis pada Setiap Indikator

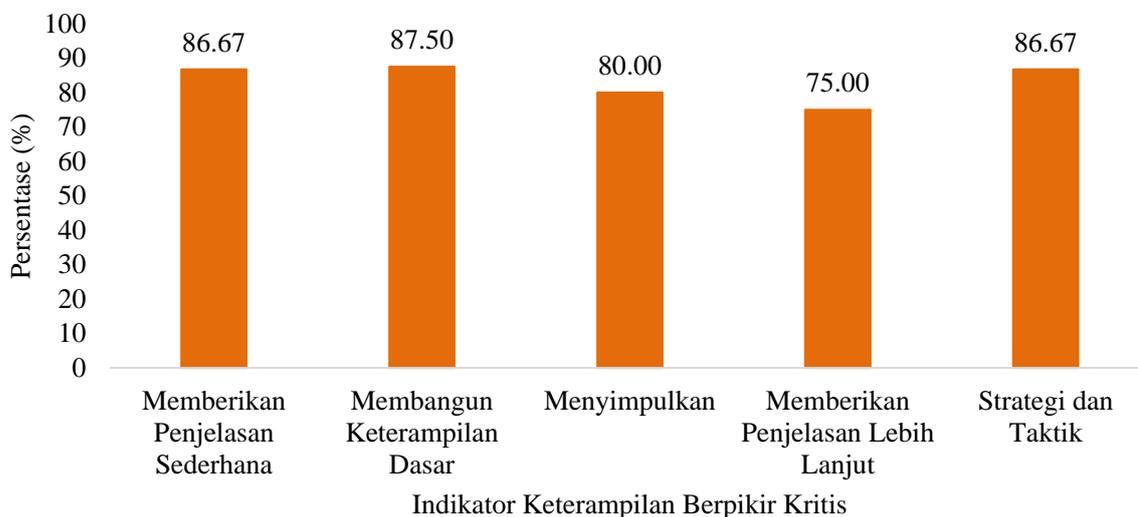
Berdasarkan Gambar 2, soal yang mendapatkan perolehan skor tertinggi adalah soal yang mengukur indikator menyimpulkan dengan skor 79,17. Sementara itu, soal yang mendapatkan perolehan skor terendah adalah soal yang mengukur indikator memberikan penjelasan lebih lanjut dengan skor 50,83.

Analisis deskriptif pada hasil *pretest* keterampilan berpikir kritis ditunjukkan Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Deskriptif Hasil *Pretest* Keterampilan Berpikir Kritis

	Jumlah Data	Skor Terkecil	Skor Terbesar	Rata-Rata	Standar Deviasi	Varians
<i>Pretest</i>	30	40,00	95,00	67,50	16,70	278,88

Tabel 3 menunjukkan rata-rata skor *pretest* keterampilan berpikir kritis pada angka 67,50. Skor terbesar yang didapat dari hasil *pretest* sebesar 95,00 yang didapat oleh 6,67% siswa. Sementara itu, terdapat siswa yang mendapat skor terkecil, yaitu 40,00 sebanyak 3,33%. Hasil *posttest* untuk setiap indikator keterampilan berpikir kritis yang didapat oleh siswa ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skor *Posttest* Keterampilan Berpikir Kritis pada Setiap Indikator

Berdasarkan Gambar 3, soal yang mendapatkan perolehan skor tertinggi adalah soal yang mengukur indikator membangun keterampilan dasar dengan skor 87,50. Sementara itu, soal yang mendapat perolehan skor terendah adalah soal yang mengukur indikator memberikan penjelasan lebih lanjut dengan skor 75,00. Analisis deskriptif pada hasil *posttest* keterampilan berpikir kritis ditunjukkan Tabel 4.

Tabel 4. Analisis Deskriptif Hasil *Posttest* Keterampilan Berpikir Kritis

	Jumlah Data	Skor Terkecil	Skor Terbesar	Rata-Rata	Standar Deviasi	Varians
<i>Posttest</i>	30	45,00	100,00	83,17	16,53	273,25

Tabel 4 menunjukkan rata-rata skor *posttest* keterampilan berpikir kritis pada angka 83,17. Skor terbesar yang didapat dari hasil *posttest* sebesar 100,00 yang didapat oleh 20% siswa. Sementara itu, terdapat siswa yang mendapat skor terkecil, yaitu 45,00 sebanyak 3,33%.

Pembahasan

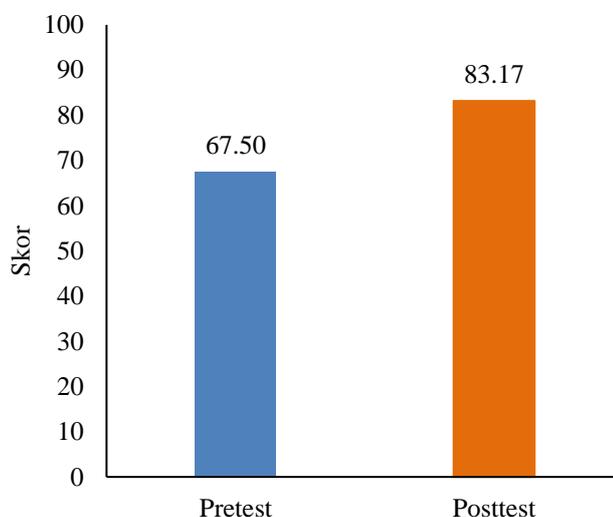
Data *pretest* dan *posttest* keterampilan berpikir kritis yang sudah didapat kemudian dianalisis dengan dilakukan uji normalitas dan uji hipotesis menggunakan SPSS Statistics 26. Hasil uji normalitas dan uji hipotesis ditunjukkan oleh Tabel 5

Tabel 5. Analisis Normalitas dan Uji Hipotesis Keterampilan Berpikir Kritis

Jenis Data	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
Sumber Data	Soal Uraian Keterampilan Berpikir Kritis	
N	30 Siswa	
Rata-Rata	67.50	83.17
Sig.	0.054	0.001

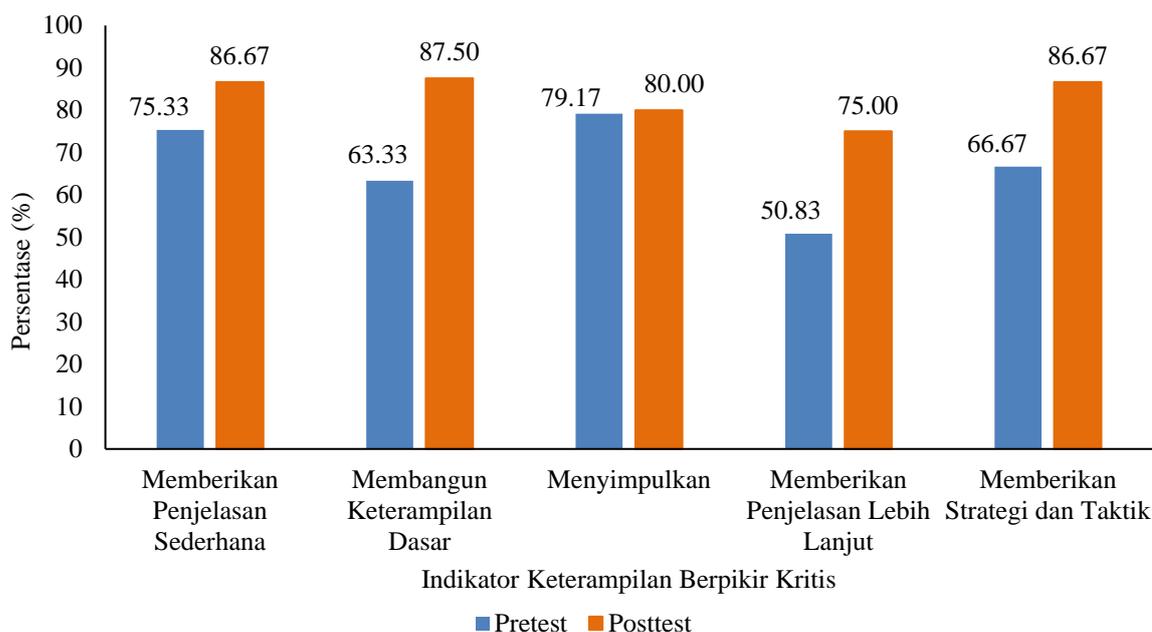
Uji Normalitas (<i>Saphiro-Wilk</i>)	Ket.	Jika nilai signifikansi > 0.05 maka distribusi data normal	
	Int.	Distribusi data normal	Distribusi data tidak normal
Uji Hipotesis (<i>Wilcoxon Test</i>)	Sig.	0.000	
	Ket.	Jika nilai signifikansi < 0.05 maka H ₀ ditolak dan H _a diterima	
	Int.	Terdapat perbedaan rata-rata pada hasil <i>pretest</i> dan <i>posttest</i>	

Berdasarkan uji normalitas *Saphiro-Wilk* dihasilkan data *pretest* yang terdistribusi normal dan data *posttest* yang terdistribusi tidak normal, maka dilakukan uji hipotesis dengan *Wilcoxon Test*. Hasil uji hipotesis menunjukkan angka signifikansi 0.00 yang berarti terdapat perbedaan rata-rata pada hasil *pretest* dan *posttest*. Gambar 4 menunjukkan perbedaan rata-rata skor *pretest* dan *posttest* keterampilan berpikir kritis siswa.



Gambar 4. Perbedaan Rata-Rata Skor *Pretest* dan *Posttest* Keterampilan Berpikir Kritis

Peningkatan rata-rata skor keterampilan berpikir kritis secara umum terlihat pada Gambar 4. Skor berdasarkan masing-masing indikator keterampilan berpikir kritis ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Skor *Pretest* dan *Posttest* pada Setiap Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

Gambar 5 memperlihatkan rata-rata skor pada tiap indikator keterampilan berpikir kritis mengalami peningkatan yang berbeda-beda. Kenaikan tertinggi terdapat pada indikator membangun keterampilan dasar dan indikator memberikan penjelasan lebih lanjut. Sementara itu, indikator menyimpulkan, yang menjadi indikator dengan skor pretest paling besar tidak mengalami kenaikan skor yang begitu besar, sehingga indikator ini menjadi indikator yang kenaikannya skornya paling rendah.

Keefektifan pembelajaran STEM-ESD dalam upaya meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dilihat melalui perhitungan N-gain pada hasil pretest dan posttest. Perhitungan N-gain dilakukan berdasarkan rata-rata skor pretest dan posttest masing-masing indikator keterampilan berpikir kritis. Tabel 6 menunjukkan hasil N-gain setiap indikator keterampilan berpikir kritis.

Tabel 6. N-Gain Keterampilan Berpikir Kritis

Jenis Data	Indikator Keterampilan Berpikir Kritis					Rata-Rata N-Gain
	Memberikan Penjelasan Sederhana	Membangun Keterampilan Dasar	Menyimpulkan	Memberikan Penjelasan Lebih Lanjut	Memberikan Strategi dan Taktik	
<i>Pretest</i>	75,33	63,33	79,17	50,83	66,67	-
<i>Posttest</i>	86,67	87,50	80,00	75,00	86,67	-
N-Gain	0,46	0,66	0,04	0,49	0,60	0,45
Kategori N-Gain	Sedang	Sedang	Rendah	Sedang	Sedang	Sedang

Peningkatan rata-rata skor pretest dan posttest terlihat pada tabel 5. Rata-rata skor keterampilan berpikir kritis siswa meningkat dari 67,50 saat pretest menjadi 83,17 saat posttest. Setelah terlihat adanya perbedaan rata-rata, skor pretest dan posttest dihitung dengan perhitungan N-gain untuk melihat keefektifan pembelajaran STEM-ESD dalam upaya meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Berdasarkan data hasil nilai N-gain, pembelajaran STEM-ESD mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa sebesar 0,45 dengan kategori sedang. Indikator memberikan penjelasan sederhana menunjukkan nilai N-gain sebesar 0,46 dengan kategori sedang. Indikator membangun keterampilan dasar menunjukkan nilai N-gain sebesar 0,66 dengan kategori sedang. Indikator menyimpulkan menunjukkan nilai N-gain sebesar 0,04 dengan kategori rendah. Indikator memberikan penjelasan lebih lanjut menunjukkan nilai N-gain sebesar 0,49 dengan kategori sedang. Indikator memberikan strategi dan taktik menunjukkan nilai N-gain sebesar 0,60 dengan kategori sedang.

Berdasarkan nilai N-gain yang didapat maka dapat dikatakan pembelajaran STEM-ESD dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Khoiriyah, Abdurrahman, dan Wahyudi (2018) yang menyatakan bahwa pembelajaran STEM efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dengan kategori sedang. Terdapat juga penelitian lain yang selaras dengan penelitian ini, yaitu penelitian yang dilakukan oleh Suardi (2020). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran STEM dapat keterampilan berpikir kritis siswa dengan kategori tinggi, dan meningkatkan kreativitas dan kerja sama. Penelitian lain juga dilakukan oleh Agusti, Wijaya, dan Tarigan (2019). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran Problem Based Learning dengan konteks ESD dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis secara keseluruhan dalam kategori sedang.

SIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan, diperoleh kesimpulan bahwa pembelajaran STEM-ESD yang telah dilakukan berpengaruh terhadap keterampilan berpikir kritis siswa. Keterampilan berpikir kritis siswa dinilai berdasarkan 5 indikator, yaitu memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar, menyimpulkan, memberikan penjelasan lebih lanjut, dan strategi dan taktik. Peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa terlihat dengan adanya peningkatan pada hasil pretest dan posttest yang menunjukkan nilai N-gain sebesar 0,45 dengan kategori sedang. Indikator memberikan penjelasan sederhana menunjukkan nilai N-gain sebesar 0,46 dengan kategori sedang. Indikator membangun keterampilan dasar menunjukkan nilai N-gain sebesar 0,66 dengan kategori sedang. Indikator menyimpulkan menunjukkan nilai N-gain sebesar 0,04 dengan kategori rendah. Indikator memberikan penjelasan lebih lanjut menunjukkan nilai N-gain sebesar 0,49 dengan kategori sedang. Indikator memberikan strategi dan taktik menunjukkan nilai N-gain sebesar 0,60 dengan kategori sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusti, K. A., Wijaya, A. F. C., & Tarigan, D. E. (2019). Problem Based Learning Dengan Konteks Esd Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Sustainability Awareness Siswa Sma Pada Materi Pemanasan Global. VIII, SNF2019-PE-175–182. <https://doi.org/10.21009/03.snf2019.01.pe.22>
- Dewan Energi Nasional. (2020). Bauran Energi Nasional. Jakarta: Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional.
- Ennis, R. H. (2011). The Nature of Critical Thinking: An Outline of Critical Thinking Dispositions and Abilities. University of Illinois. <https://doi.org/10.22329/il.v6i2.2729>

- Ennis, R. H. (2013). The Nature of Critical Thinking: Outlines of General Critical Thinking Disposition and Abilities. Sixth International Conference on Thinking at MIT, 2013, 1–8. <http://criticalthinking.net/wp-content/uploads/2018/01/The-Nature-of-Critical-Thinking.pdf>
- Khaeruddin, K., & Bancong, H. (2022). STEM education through PhET simulations: An effort to enhance students' critical thinking skills. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 11(1), 35–45. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v11i1.10998>
- Khoiriyah, N., Abdurrahman, A., & Wahyudi, I. (2018). Implementasi pendekatan pembelajaran STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA pada materi gelombang bunyi. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 5(2), 53. <https://doi.org/10.12928/jrkpf.v5i2.9977>
- Linh, N. Q., Duc, N. M., & Yuenyong, C. (2019). Developing critical thinking of students through STEM educational orientation program in Vietnam. *Journal of Physics: Conference Series*, 1340(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1340/1/012025>
- Nurazizah, S., Sinaga, P., & Jauhari, A. (2017). Profil Kemampuan Kognitif dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA pada Materi Usaha dan Energi. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 3(2), 197–202. <https://doi.org/10.21009/1.03211>
- Rahmadani, Y., & Puti, T. N. (2021). Profil kemampuan berpikir kritis dan kreatif siswa SMA terhadap revolusi industri 4.0 dan masyarakat 5.0. *Bio-Pedagogi*, 10(1), 40. <https://doi.org/10.20961/bio-pedagogi.v10i1.52911>
- Suardi, S. (2020). Implementasi Pembelajaran Berbasis Stem Untuk Meningkatkan Kemampuan Dalam Berpikir Kritis, Kreatif Dan Bekerjasama Peserta Didik Kelas Viii Smp Negeri 4 Sibulue. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 16(2), 135. <https://doi.org/10.35580/jspf.v16i2.12557>
- UNESCO. (2012). Education for Sustainable Development in Action Learning & Training Tools (Nomor 2). Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- UNESCO. (2015). Education 2030: Incheon Declaration and Framework for Action for The Implementation of Sustainable Development Goal 4. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://doi.org/10.2307/25094797>
- UNESCO. (2017). Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives. Dalam Education for Sustainable Development Goals: learning objectives. <https://doi.org/10.54675/cgba9153>
- United Nations. (2018). The 2030 Agenda and the Sustainable Development Goals An opportunity for Latin America and the Caribbean Thank you for your interest in this ECLAC publication. United Nations. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40156/25/S1801140_en.pdf