

PENERAPAN MODEL PBL BERBASIS STEM MATERI PEMANASAN GLOBAL UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK

Vinka Amalia Mustafaroh¹, Eko Hariyono²

vinka.20058@mhs.unesa.ac.id¹, ekohariyono@unesa.ac.id²

Universitas Negeri Surabaya

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan keterlaksanaan, kemampuan berpikir kritis, dan respon peserta didik terhadap model PBL berbasis STEM. Hasil penelitian berupa keterlaksanaan pembelajaran, kemampuan berpikir kritis, dan respon peserta didik. Jenis penelitian yang digunakan adalah quasy experimental design dengan desain non-equivalent control group design. Populasi pada penelitian adalah seluruh peserta didik SMAN 1 Bubulan, dengan sampel kelas X-1 sebagai kelas eksperimen dan kelas X-2 sebagai kelas kontrol yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling. Instrumen penelitian terdiri dari lembar observasi, lembar tes kemampuan berpikir kritis, dan lembar angket respon. Hasil penelitian menunjukkan penerapan model PBL berbasis STEM terhadap kemampuan berpikir kritis yaitu terlaksana dalam tiga pertemuan secara menyeluruh yang mencakup semua sintaks PBL berkategori sangat baik dengan persentase 84,25%. Peningkatan kemampuan berpikir kritis pada kelas eksperimen lebih tinggi daripada kelas kontrol. Hal ini dapat dilihat dari N-gain sebesar 0,776 (kategori tinggi), uji t-berpasangan sebesar 0,000 (H_1 diterima), cohen's d effect size sebesar 1,165 (kategori besar). Respon positif dari peserta didik terhadap pembelajaran menggunakan model PBL berbasis STEM materi pemanasan global memperlihatkan persentase sebesar 82% dengan kategori sangat baik. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penerapan model PBL berbasis STEM materi pemanasan global dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Kata Kunci: PBL berbasis STEM , Kemampuan Berpikir Kritis, Pemanasan Global.

Abstract

This research aims to describe the implementation, critical thinking skills, and students' responses to the STEM-based PBL. The results of the research include learning implementation, critical thinking skills, and student responses. The type of research used is quasy experimental design by design non-equivalent control group design. The population in the study were all students of SMAN 1 Bubulan, with a sample of class X-1 as the experimental class and class X-2 as the control class selected using techniques purposive sampling. The research instrument consists of an observation sheet, a critical thinking ability test sheet, and a response questionnaire sheet. The research results showed that the application of the STEM-based PBL model to critical thinking skills was carried out in three comprehensive meetings which included all PBL syntax in the very good category with a percentage of 84.25%. The increase in critical thinking skills in the experimental class was higher than in the control class. This can be seen from N-gain of 0.776 (high category), paired t-test of 0.000 (H_1 accepted), cohen's d effect size amounting to 1.165 (large category). Positive responses from students towards learning using the STEM-based PBL model regarding global warming showed a percentage of 82% in the very good category. Therefore, it can be concluded that the application of the STEM-based PBL model on global warming material can improve students' critical thinking skills.

Keywords: Problem Based Learning (PBL) based on STEM , Critical thinking ability, Global Warming

PENDAHULUAN

Fisika berperan penting dalam mempelajari fenomena fisis alam dari aspek produk, proses, dan sikap ilmiah yang berasal aktivitas makhluk hidup sampai permasalahan yang ditimbulkan dari aktivitasnya (Asuri et al., 2021; Badriah, 2020). Salah satu permasalahan fisika secara global yang diakibatkan oleh aktivitas manusia adalah pemanasan global (Kasa, 2019). Pemanasan global merupakan peningkatan suhu rata-rata di bumi (Damari, 2022). Berdasarkan data IPCC, kenaikan suhu bumi sejak tahun 1901 sudah mencapai $0,89^{\circ}\text{C}$ dan di kawasan Asia Tenggara, kenaikan suhu tercatat sekitar $0,4^{\circ}\text{C}$ - 1°C (Utami, 2019). Di Indonesia, peningkatan suhu mencapai $0,005^{\circ}\text{C}$ - $1,18^{\circ}\text{C}$ (Ambi et al., 2020; Dede et al., 2019; Alfiandy et al., 2022). Penyebab terbesar dari peningkatan suhu rata-rata di Bumi adalah aktivitas manusia yang tidak memperhatikan keseimbangan alam sehingga memberikan dampak yang luar biasa bagi seluruh makhluk yang ada di alam (Rahmadania, 2022; Azizah et al., 2022). Dengan demikian, diperlukan langkah pencegahan melalui kesadaran pendidikan pemanasan global agar tidak merasakan dampaknya di kemudian hari.

Namun, kenyataannya, banyak dari peserta didik yang kurang memahami akan pendidikan mengenai pemanasan global sehingga dapat mengancam keselamatan hidup kedepannya (Najaah & Amrulloh, 2022; Barreda, 2018). Dalam menghadapi permasalahan ini, pentingnya peserta didik untuk memiliki pemahaman mendalam mengenai pentingnya meminimalisir penyebabnya yang disesuaikan dengan pembelajaran abad 21 terkait kemampuan berpikir yakni 4C. Salah satunya adalah kemampuan berpikir kritis, dimana kemampuan ini berperan penting dan harus dimiliki oleh peserta didik (Septikasari, 2018; Sarip et al., 2022). Kemampuan berpikir kritis adalah kemampuan berpikir dengan logis untuk menentukan kebenaran dan menemukan ide dalam memecahkan masalah yang dibuktikan dengan berbagai bukti berupa data atau fakta (Permana & Chamisijatin, 2019; Windari & Yanti, 2021). Dengan adanya kemampuan ini, peserta didik mampu melakukan tindakan dalam mengatasi permasalahan yang terjadi dalam kehidupan terkait pemanasan global secara logis dan argumentasi yang kritis.

Kenyataannya, kemampuan berpikir kritis dari peserta didik masih tergolong rendah termasuk materi pemanasan global (Arif et al., 2019; Hidayah & Permadi, 2023). Berdasarkan pada hasil studi PISA 2023, yang menyatakan bahwa skor yang diperoleh di bawah nilai rata-rata yang menjadi peringkat 12 terbawah dalam numerasi, 11 terbawah dalam literasi, dan 15 terbawah dalam sains dari 81 negara lainnya. Hal ini dikarenakan, PISA didesain untuk mengukur literasi membaca, matematika, sains, dan kemampuan peserta didik yang telah disiapkan oleh sistem pendidikan dalam menerapkan pengetahuan dan keterampilan untuk menyelesaikan permasalahan, berkomunikasi, berargumentasi secara kritis dan logis sesuai dengan kemampuan berpikir abad ke-21, sehingga mampu mengaplikasikan kemampuan berpikir terutama kemampuan berpikir kritis dalam situasi nyata (Jadidah et al., 2024). Dengan demikian, apabila skor hasil studi PISA menurun maka kemampuan berpikir kritis juga menurun. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Putri et al. (2023), juga menunjukkan bahwa nilai rata-rata kemampuan berpikir kritis materi pemanasan global berkategori rendah yakni sebesar 55,73. Sejalan pula dengan penelitian yang dilakukan oleh Masitah et al. (2022) juga memperoleh hasil bahwa skor rata-rata kemampuan berpikir kritis pada materi pemanasan global sebesar 39,2 dan berkategori rendah. Oleh karena itu, dalam pembelajaran diperlukan peningkatan kemampuan berpikir kritis dari peserta didik sehingga peserta didik lebih tanggap dan siap untuk meminimalisir penyebab pemanasan global (Nabilah & Hariyono, 2021).

Diperlukan gagasan baru dalam penyampaian materi dari guru yang sesuai dengan pemilihan model pembelajaran, strategi, pendekatan, dan media (Fadhlina & Suriana, 2022). Pembelajaran yang dapat digunakan yaitu model Problem Based Learning (PBL). Model

PBL adalah model yang berkaitan dengan permasalahan autentik (nyata) dan memungkinkan peserta didik dapat menyelesaikan permasalahan dari pengetahuan yang telah dimilikinya untuk mengembangkan pemikiran kritis, kreatif dan berkomunikasi yang baik dari peserta didik (Arends 2014; Permata et al., 2019). Untuk mempermudah menyelesaikan masalah, diperlukan suatu pendekatan yaitu STEM. STEM merupakan pendekatan dalam pembelajaran yang peserta didik dapat melakukan suatu perancangan, pengembangan, dan penggunaan teknologi, serta penerapan pengetahuan dalam penyelesaian masalah sehingga dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis (Nurazmi & Bancong, 2021). Sejalan dengan penelitian dari Setiana & Madlazim (2021) dan Tahsinia et al. (2023) menyatakan bahwa model pembelajaran terutama PBL yang diintegrasikan berpengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik. Dengan demikian, model PBL berbasis STEM sangat sesuai diterapkan dan dapat dikolaborasikan dalam peningkatan kemampuan berpikir kritis, karena dapat menyelesaikan permasalahan yang autentik termasuk pemanasan global dengan mengkolaborasikan keempat bidang STEM.

Namun, kenyataannya tidak semua guru dapat menerapkan model pembelajaran PBL berbasis STEM. Hal ini, sesuai dengan hasil studi pendahuluan di salah satu SMA Bojonegoro, diperoleh informasi bahwa guru belum menerapkan model PBL berbasis STEM. Pembelajaran yang sering dilakukan di kelas SMA tersebut menggunakan model Direct Instruction, dan model kooperatif dengan metode ceramah dan demonstrasi video dari youtube terutama pada materi pemanasan global. Hal ini dikarenakan bahwa guru merasa kesulitan untuk melakukan praktikum dan penggunaan media yang masih terbatas, sehingga guru mengajarkan materi pemanasan global masih kualitatif dan bersifat umum yang berarti bahwa pembelajaran pemanasan global belum bisa membedakan mata pelajaran fisika dengan mata pelajaran umum lainnya. Oleh karena itu, pembelajaran berpusat pada guru sehingga peserta didik merasa bosan dan menunjukkan perilaku pasif. Perilaku pasif yang dilakukan peserta didik seperti mengobrol dengan teman, main hp saat pembelajaran, dan banyak izin ke luar kelas dengan alasan ke kamar mandi (Bahri, 2023). Sejalan dengan penelitian oleh Pasaribu et al. (2020) yang menyatakan bahwa pembelajaran yang berpusat pada guru akan menjadikan peserta didik memiliki kemampuan berpikir kritis yang rendah. Oleh karena itu, untuk melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik, penerapan model PBL berbasis STEM diharapkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis secara optimal. Berdasarkan latar belakang diatas, penulis tertarik dan memutuskan untuk melakukan penelitian dengan judul “Penerapan Model Problem Based Learning (PBL) Berbasis STEM Materi Pemanasan Global untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik” dengan tujuan untuk mendeskripsikan keterlaksanaan pembelajaran model PBL berbasis STEM, Peningkatan kemampuan berpikir kritis pada materi pemanasan global, dan respon dari peserta didik terkait model PBL berbasis STEM.

METODE

Penelitian dilakukan di kelas X SMAN 1 Bubulan pada semester genap tahun 2023/2024. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif menggunakan jenis penelitian quasi experimental design (desain eksperimen semu). Jenis quasi experimental design adalah jenis penelitian yang mempunyai kelas kontrol, akan tetapi tidak dapat berfungsi sepenuhnya untuk mengontrol variabel-variabel luar yang mempengaruhi pelaksanaan eksperimen dengan sampelnya tidak diambil secara random (Sugiyono, 2022). Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah “Nonequivalent Control Group Design”. Penelitian ini melibatkan kelompok eksperimen dan kelompok kontrol yang tidak dipilih secara random (Sugiyono, 2022). Kedua kelompok akan diberikan perlakuan yang berbeda. Untuk kelas eksperimen diberi perlakuan berupa model PBL berbasis STEM.

Sedangkan, kelompok kontrol akan diberi perlakuan berupa pembelajaran yang sesuai dengan pembelajaran guru fisika SMAN 1 Bubulan. Sebelum diberikan perlakuan, kedua kelompok diberikan pre-test yang sama untuk mengetahui kemampuan berpikir kritis awal dari peserta didik materi pemanasan global. Kemudian kedua kelas diberikan perlakuan. Selanjutnya, kedua kelas diberikan post-test yang sama untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perlakuan yang diberikan (Arikunto, 2018).

Tabel 1. Bentuk Desain Penelitian Nonequivalent Control Group Design

Kelas	Pre-test	Perlakuan	Post-test
Eksperimen	O ₁	X	O ₂
Kontrol	O ₃	-	O ₄

Keterangan :

O₁ : Pre-test untuk mengukur kemampuan berpikir kritis peserta didik sebelum diberikan perlakuan di kelas eksperimen

O₂ : Post-test untuk mengukur kemampuan berpikir kritis peserta didik setelah diberikan perlakuan di kelas eksperimen

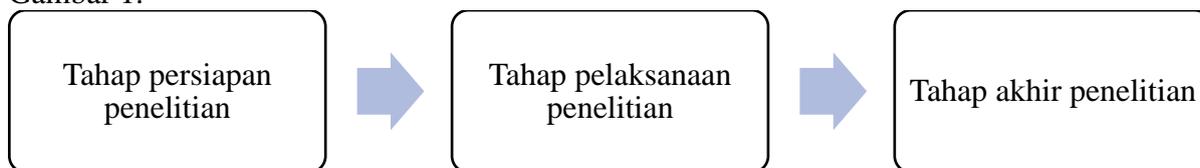
O₃ : Pre-test untuk mengukur kemampuan berpikir kritis peserta didik sebelum diberikan perlakuan di kelas kontrol

O₄ : Post-test untuk mengukur kemampuan berpikir kritis peserta didik setelah diberikan perlakuan di kelas kontrol

X : Perlakuan yang diberikan pada kelas eksperimen dengan model PBL berbasis STEM

- : Perlakuan yang diberikan pada kelas kontrol sesuai dengan pembelajaran dari sekolah SMAN 1 Bubulan

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel bebas (penerapan model PBL berbasis STEM), variabel terikat (kemampuan berpikir kritis peserta didik), dan variabel kontrol (guru, alokasi waktu, instrumen pre-test dan post-test, dan materi pemanasan global). Teknik pengumpulan dan analisis data adalah metode observasi oleh pengamat untuk mendeskripsikan keterlaksanaan pembelajaran dengan rating scale, Metode tes untuk mendeskripsikan terjadi peningkatan kemampuan berpikir kritis dengan uji t-berpasangan dengan syarat data harus memenuhi uji normalitas dan homogenitas, analisis n-gain, dan cohen's d effect size, metode angket peserta didik terhadap pembelajaran dengan menggunakan persentase skala likert. Adapun prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada lembar keterlaksanaan pembelajaran ada beberapa aspek yang diamati yaitu sesuai dengan sintaks model yang digunakan yaitu model PBL berbasis STEM pada materi pemanasan global. Berikut ini sintaks PBL berbasis STEM

Tabel 2. Sintaks PBL berbasis STEM

Sintaks	Langkah pendidik
Mengorientasi peserta didik pada masalah	Penyampaian masalah kontekstual melalui video terkait banyaknya kendaraan bermotor, menjelaskan tujuan

	pembelajaran, dan memotivasi peserta didik agar terlibat aktif dalam pembelajaran.
Mengorganisasikan peserta didik untuk belajar	Membagi peserta didik ke 5-6 kelompok dan membantu setiap anggota untuk memahami tugas masing-masing dalam penyelesaian masalah.
Membimbing penyelidikan individu atau kelompok	Mendorong peserta didik untuk mengumpulkan informasi dan berbagai kajian literatur yang sesuai, memantau dan membimbing dalam membuat dan melakukan penyelidikan pada mobil berpanel surya dan mencari solusi permasalahan.
Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	Membantu peserta didik dalam mempersiapkan dan mempresentasikan karya berupa mobil mainan berpanel surya di depan kelas.
Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	Mendorong peserta didik untuk melakukan evaluasi proses dan presentasi, penguatan materi.

Arends (2014)

Tabel 3. Rekapitulasi persentase keterlaksanaan dalam sintaks PBL

Sintaks PBL	Skor maksimum	O ₁	O ₂	Rata-rata Skor	Kriteria
Sintaks I	24	87,5	79	83,25	Sangat Baik
Sintaks II	64	90	87,5	88,75	Sangat Baik
Sintaks III	32	70	87,5	78,75	Baik
Sintaks IV	16	81	75	78	Baik
Sintaks V	20	90	95	92,5	Sangat Baik
Rata-rata persentase akhir (%)				84,25	Sangat Baik

Model PBL berbasis STEM dilaksanakan tiga pertemuan dengan mencakup semua sintaks PBL. Pada setiap pertemuan, kegiatan pembelajaran terdapat satu atau dua sintaks pembelajaran PBL. Berdasarkan proses pembelajaran PBL yang tidak dapat dilakukan dalam satu pertemuan, maka kelima sintaks PBL terbagi menjadi tiga pertemuan yang bertujuan agar masalah terselesaikan dengan waktu yang optimal (Tifani & Dewi, 2023). Berdasarkan Tabel 3, pembelajaran model PBL berbasis STEM dapat dilaksanakan dengan sangat baik dengan rata-rata persentase 84,25%. Melalui model PBL berbasis STEM, peserta didik dapat memecahkan permasalahan terkait banyaknya kendaraan bermotor di jalanan yang telah disajikan pada pertemuan pertama dengan mengeksplor pengetahuan awal sehingga terbentuk pengetahuan baru. Sejalan dengan penelitian Krisdiana *et al* (2023) menyatakan bahwa penerapan model PBL berbasis STEM dapat menyelesaikan masalah dengan menghubungkan pengetahuan awal hingga pengetahuan tersebut dieksplor terhadap konsep yang relevan sehingga tercipta pengetahuan baru. Model PBL berbasis STEM juga melibatkan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran terutama ketika menganalisis masalah, berargumentasi, berdiskusi dengan kelompok, bernalar dan berkomunikasi dengan baik dalam menyelesaikan permasalahan sehingga memiliki kemampuan berpikir kritis yang tinggi dari peserta didik. Keterlibatan peserta didik secara penuh selama pembelajaran berlangsung pada sintaks membimbing penyelidikan individu maupun kelompok dengan berbasis pendekatan *Science, Technology, Engineering*, dan *Mathematics*, peserta didik terlibat aktif dalam pengamatan pada mobil mainan berpanel surya di luar kelas dan mampu menyelesaikan pertanyaan diskusi yang berpengaruh pada kemampuan berpikir dalam menyelesaikan permasalahan autentik yang dihadapi dengan mengaitkan aspek STEM. Aspek STEM ini tertulis di beberapa pertanyaan LKPD sehingga peserta didik dapat mengetahui langsung aspeknya, dimana *science* terletak pada mobil mainan berpanel surya dapat mengatasi penyebab pemanasan global, *technology* terletak pada panel surya yang

mempermudah pemahaman peserta didik dalam mengatasi permasalahan (Hariyono *et al.*, 2023), *engineering* terletak pada tahapan merakit mobil mainan berpanel surya, dan *mathematics* terletak pada penyelidikan menghitung daya input dan daya output dari memanipulasi ukuran panel surya sebanyak tiga kali sehingga mengetahui mana ukuran panel surya yang berpengaruh besar pada mengatasi pemanasan global. Oleh karena itu, Model PBL berbasis STEM mampu melibatkan peserta didik secara aktif sehingga mendapatkan solusi dari masalah dan mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik (Febrianto *et al.*, 2021)

Menurut Rosyid (2021), menyatakan bahwa PBL merupakan model pembelajaran yang mengenalkan cara belajar dan berkolaborasi dengan tim sehingga dapat menyelesaikan masalah kehidupan. PBL berbasis STEM juga merupakan model pembelajaran yang menyajikan masalah autentik yang harus diselesaikan sehingga mempunyai kemampuan berpikir kritis yang tinggi (Radhiyah & Hariyono, 2022; Rohmah *et al.*, 2021). Dengan demikian, PBL berbasis STEM dapat diterapkan pada peserta didik yang memberikan pengalaman belajar terkait pengaplikasian STEM dalam menyelesaikan masalah dan mampu melatih kemampuan berpikir kritis dan meningkatkan pemahaman konsep (Zakiah & Ramli, 2023). Berdasarkan teori belajar kognitif dari Bruner, model pembelajaran ini sesuai diterapkan karena peserta didik dapat memecahkan masalah dengan memiliki pengetahuan awal sehingga mendapatkan pengetahuan yang lebih bermakna (Ardianti *et al.*, 2022). Model pembelajaran ini juga melibatkan dengan teori belajar konstruktivisme yaitu teori pendidikan yang mengedepankan perkembangan logika dan konsep sehingga diperlukan proses informasi yang aktif dan menghubungkan pengetahuan awal atau yang sudah ada dengan pengalaman ataupun pengetahuan yang baru (Budiningtyas, 2021). Model PBL berbasis STEM menjadikan peserta didik terlibat aktif untuk melakukan tahapan menyelesaikan masalah yang autentik. Hal ini sesuai dengan penelitian Rahmian *et al.* (2022) dimana model PBL berbasis STEM bisa memfokuskan keaktifan dari peserta didik dalam menyelesaikan masalah. Untuk menyelesaikan permasalahan terkait pemanasan global secara logis, peserta didik diharapkan memiliki kemampuan berpikir kritis yang tinggi. Hal ini sebagaimana telah dinyatakan oleh Linda & Lestari (2019) dan Aripin *et al.* (2021) bahwa kemampuan berpikir kritis harus dimiliki peserta didik dalam menghadapi masalah autentik seiring perkembangan zaman.

Selanjutnya, untuk mengetahui terjadi peningkatan kemampuan berpikir kritis dapat dilakukan analisis data uji t-berpasangan, perhitungan *N-gain*, dan *cohen's d effect size*. Pada penelitian ini, uji hipotesis menggunakan uji t-berpasangan karena kedua kelas jumlah sampelnya sama atau berpasangan sebanyak 33. Uji t-berpasangan dilakukan setelah memenuhi uji prasyarat yakni uji normalitas (berdistribusi normal) dan uji homogenitas (populasi yang homogen). Berikut ini hasil uji prasyarat yang dilakukan:

Tabel 4. Hasil Uji Normalitas dan Uji Homogenitas

Uji	Jenis tes	Kelas	Sig
Normalitas	Pre-test	Eksperimen	0,425
		Kontrol	0,061
	Post-test	Eksperimen	0,416
		Kontrol	0,099
Uji Homogenitas		Jenis Tes	Sig.
		Pre-test	0,775
		Post-test	0,939

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan bahwa pada uji normalitas, nilai pre-test dan post-test kelas eksperimen dan nilai kelas kontrol lebih besar dari 0,05 yang berarti data

berdistribusi normal. Data pre-test dikatakan normal berarti data seperti mean, median, dan standar deviasi memberikan hasil yang konsisten. Sedangkan, Data post-test dikatakan normal berarti data seperti mean, median, dan standar deviasi memberikan hasil yang konsisten dan perbandingan antar kelas setelah diberi perlakuan sesuai dengan asumsi analisis statistik yang digunakan. Sehingga dapat dilakukan uji statistik parametrik. Pada uji homogenitas, menunjukkan bahwa hasil data uji homogenitas dari nilai pre-test dan post-test lebih besar dari 0,05 yang berarti bahwa data berasal dari populasi yang homogen. Data pre-test menyatakan bahwa kedua kelas penelitian berasal dari populasi yang sama atau dalam kemampuan awal yang tidak terlalu beda. Sedangkan, data post-test menyatakan bahwa perbandingan hasil setelah diberikan perlakuan yang berbeda dilakukan dengan benar, tanpa pengaruh dari perbedaan varian antar kelas sehingga dapat memenuhi syarat untuk melakukan uji statistik parametrik. Dari uji prasyarat, data dalam penelitian ini berdistribusi normal dan berasal dari populasi yang homogen. Kemudian, dilakukan uji t-berpasangan.

Tabel 5. Hasil Uji t-berpasangan

	t	df	Sig.(2-tailed)
Pretest-Posttest Eksperimen	-35.945	32	.000
Pretest-Posttest Kontrol	-27.387	32	.000

Berdasarkan Tabel 5 terlihat bahwa pada kolom Sig. (2-tailed) kelas eksperimen bernilai sebesar 0,000 yang artinya lebih kecil dari 0,05 dan H_0 ditolak. Selain itu, terlihat pada thitung sebesar -35,945 dan ttabel yang diperoleh sebesar 2,037 (thitung > ttabel). Berdasarkan hasil perhitungan dapat dikatakan bahwa, secara signifikan terdapat perbedaan pada peningkatan kemampuan berpikir kritis setelah menggunakan model PBL berbasis STEM. Pada kelas kontrol kolom Sig. (2-tailed) sebesar 0,000 yang lebih kecil dari 0,05 dan H_0 ditolak. Selain itu, terlihat pula pada thitung sebesar -27,387 dan ttabel yang diperoleh sebesar 2,037 (thitung > ttabel). Berdasarkan hasil perhitungan dapat dikatakan bahwa secara signifikan terdapat perbedaan pada peningkatan kemampuan berpikir kritis setelah menggunakan model yang sesuai dengan model yang diajarkan guru. Dengan demikian, secara signifikan di kedua kelas terdapat perbedaan terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis yakni skor pre-test dan post-test dari peserta didik.

Tabel 6. Hasil perhitungan n-gain

Kelas	Rata-rata N-gain	Kategori
Eksperimen	0,776	Tinggi
Kontrol	0,690	Sedang

Selanjutnya dilakukan perhitungan n-gain untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis. Berdasarkan Tabel 6 diperoleh hasil bahwa secara keseluruhan di kelas eksperimen yang menerapkan model PBL berbasis STEM memperoleh nilai n-gain sebesar 0,776 termasuk dalam kategori tinggi, sedangkan di kelas kontrol dengan model konvensional sesuai dengan yang diterapkan guru sebelumnya memperoleh nilai n-gain sebesar 0,690 yang berada pada kategori sedang. Berdasarkan nilai n-gain, dapat ditemukan bahwa keseluruhan pada kelas eksperimen terjadi peningkatan kemampuan berpikir kritis dari peserta didik. Begitu pula di kelas kontrol juga terjadi peningkatan kemampuan berpikir kritis. Hal ini dikarenakan nilai n-gain berkategori tinggi dan sedang. Akan tetapi, terdapat perbedaan sebesar 0,086 dari kelas eksperimen. Dengan demikian, terjadi peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada kelas eksperimen setelah diterapkan model PBL berbasis STEM dengan kategori tinggi. Hasil penelitian ini sejalan dengan Khoiriyah et al (2018) yang menyimpulkan bahwa nilai nilai n-gain di kelas eksperimen lebih besar apabila dibandingkan dengan kelas kontrol sehingga mengalami peningkatan kemampuan

berpikir kritis setelah dilakukan pembelajaran berpendekatan STEM.

Tabel 7. Hasil uji cohen's d effect size

Kelas	Rata-rata N-gain	Standar Deviasi	Gabungan standar deviasi	Effect size	Kategori
Eksperimen	77,61	6,964	7,35	1,16	Besar
Kontrol	69,04	7,728			

Selain itu, dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan cohen's d effect size. Cohen's d effect size pada penelitian ini memperoleh nilai sebesar 1,16 yang menunjukkan kategori besar sehingga pembelajaran dengan model PBL berbasis STEM terhadap kemampuan berpikir kritis memiliki pengaruh yang besar (Cohen, 1988). Sesuai dengan penelitian dari Anwar et al. (2023) yang menyatakan bahwa setelah dilakukan perhitungan effect size ternyata terdapat pengaruh model PBL terhadap kemampuan berpikir kritis yang berkategori besar sebesar 1,87. Dengan demikian, pembelajaran fisika materi pemanasan global memiliki paradigma pada model PBL berbasis STEM dengan pengaruh yang signifikan besar dan benar-benar mengalami peningkatan terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Berdasarkan hasil dan analisis secara keseluruhan, menyatakan bahwa terjadi peningkatan kemampuan berpikir kritis di kelas eksperimen yang lebih besar apabila dibandingkan dengan kelas kontrol. Sejalan dengan penelitian Mustakim et al., (2023) dan Khoiriyah et al., (2018) menjelaskan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara model PBL berbasis STEM terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi fisika. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nurazmi & Bancong (2021) menemukan bahwa model PBL berbasis STEM dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis di SMAN 4 Tarakan. Dengan melibatkan peserta didik dalam proses pembelajaran, dapat membantu pemahaman peserta didik, bagaimana dalam mengembangkan dan membantu dalam menyelesaikan masalah berdasarkan penyelidikan dengan aspek sains, teknologi, teknik, dan matematika sehingga mampu menyelesaikan masalah yang telah disajikan dalam kehidupan sehari-hari (Khoiriyah et al., 2018). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran fisika dengan menerapkan model PBL berbasis STEM materi pemanasan global dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik (Fatimah et al., 2024).

Tabel 8. Hasil angket di kelas eksperimen

Rata-rata nilai	Rata-rata pernyataan	Persentase	Kategori
59	108	82%	Sangat Baik

Selanjutnya, untuk mengetahui respon peserta didik terhadap model PBL berbasis STEM dapat dilakukan pengisian angket di kelas eksperimen. Berdasarkan Tabel 8 terlihat bahwa respon peserta didik setelah diterapkan model PBL berbasis STEM materi pemanasan global terhadap kemampuan berpikir kritis memperoleh persentase rata-rata sebesar 82% dengan kategori sangat baik yang berarti nilai persentase $\geq 61\%$ baik dari sisi pernyataan positif maupun negatif yang mendeskripsikan bahwa model PBL berbasis STEM layak diterapkan selama proses pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis di SMAN 1 Bubulan. Berdasarkan hasil angket respon ditemukan bahwa pembelajaran yang dilaksanakan terasa menyenangkan sehingga peserta didik lebih aktif dan mampu bekerja sama dengan tim yang dihadapkan dengan masalah autentik. Sejalan dengan penelitian dari Yuniar & Hadi (2023) dan Zakiyah & Ramli (2023) dimana keterlibatan aktif dari peserta didik pada model PBL berbasis STEM dan berdiskusi dengan tim membuat pembelajaran terkesan tidak membosankan dan menyenangkan dengan kegiatan praktikum. Selain itu, juga ditemukan bahwa pembelajaran ini memudahkan peserta didik menjawab soal dengan indikator kemampuan berpikir kritis sehingga, kemampuan berpikir kritis dari

peserta didik mengalami peningkatan setelah diterapkan model PBL berbasis STEM. Sejalan dengan penelitian dari (Radhiyah & Hariyono, 2022) yang menandakan adanya peningkatan dalam kemampuan berpikir kritis setelah diterapkan model PBL dengan media terarium sederhana yang digunakan dalam proses pembelajaran.

KESIMPULAN

Hasil keterlaksanaan pembelajaran dengan menerapkan model PBL berbasis STEM materi pemanasan global untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dalam tiga pertemuan secara menyeluruh yang mencakup semua sintaks PBL berbasis STEM memiliki kategori sangat baik dengan persentase sebesar 84,25%. Penerapan model PBL berbasis STEM dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dengan ditandai dari analisis N-Gain sebesar 0,776 (kategori tinggi), uji t-berpasangan sebesar 0,000 dengan (H_1 diterima), dan cohen's d effect size sebesar 1,165 (kategori tinggi). Respon positif dari peserta didik pada pembelajaran dengan model PBL berbasis STEM materi pemanasan global memperlihatkan persentase sebesar 82% dengan kategori sangat baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiandy, S., Rangga, I. A., & Permana, D. S. (2022). Pola Peningkatan Suhu Udara Berdasarkan Data Bmkg Dan Era5 Di Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 19(1), 63–70. <https://doi.org/10.20886/jakk.2022.19.1.63-70>
- Ambi, F. N., Sutadji, H. I., Geru, A. S., & Louk, A. C. (2020). Analisis Kecenderungan (Trend) Suhu Udara Dan Curah Hujan Di Pulau Flores (Labuan Bajo, Ruteng, Maumere, Dan Larantuka). *Jurnal Fisika: Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 5(1), 42–56. <https://doi.org/10.35508/fisa.v5i1.1962>
- Andinisa Rahmaniar, Shinta Purnamasari, Wiwit Yuli Lestari, Maharani Siti Sarilaelawati, R. N. (2022). Kemampuan Berpikir Kritis Siswa dalam Pembelajaran IPA dengan Model Problem Based Learning (PBL) Terintegrasi Pendidikan STEM. *Jurnal PGSD UNIGA Fakultas*, 1(2), 45–52. <https://journal.uniga.ac.id/index.php/JPGSDU/article/download/2064/1329>
- Anwar, I., Rohmani, L. A., & Putra, A. A. I. A. (2023). Peningkatan Berpikir Kritis Siswa Smp Dalam Pembelajaran IPA Melalui Model Pembelajaran Problem Based Learning. *Jurnal Jendela Pendidikan*, 3(01), 145–151. <https://doi.org/10.57008/jjp.v3i01.430>
- Ardianti, R., Sujarwanto, E., & Surahman, E. (2022). Problem-based Learning: Apa dan Bagaimana. *Diffraction*, 3(1), 27–35. <https://doi.org/10.37058/diffraction.v3i1.4416>
- Arends, R. I. (2014). *Learning to Teach* (Tenth Edition). In McGraw-Hill Education: Vol. Tenth Edit.
- Arif, D. S. F., Zaenuri, & Cahyono, A. N. (2019). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Pada Model PBL(PBL) Berbantu Media Pembelajaran Interaktif dan Google Classroom. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana UNNES, 2018*, 323–328.
- Arikunto. (2007). *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Aripin, W. A., Sahidu, H., & Makhrus, M. (2021). Efektivitas Perangkat Pembelajaran Fisika Berbasis Model PBL untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah dan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran Fisika Indonesia*, 3(1). <https://doi.org/10.29303/jppfi.v3i1.120>
- Asuri, A. R., Suherman, A., & Darman, D. R. (2021). Penerapan Model PBL(PBL) Berbantu Mind Mapping dalam Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah pada Materi Usaha dan Energi. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 12(1), 22–28. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v12i1.7624>
- Azizah, M., Subiyanto, A., Triutomo, S., & Wahyuni, D. (2022). Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Bencana Hidrometeorologi di Kecamatan Cisarua - Kabupaten Bogor. *PENDIPA Journal of Science Education*, 6(2), 541–546. <https://doi.org/10.33369/pendipa.6.2.541-546>
- Badriah, B. (2020). Peningkatan Hasil Belajar Siswa pada Mata Pelajaran Fisika melalui Penerapan Model Pembelajaran PBL di Kelas XII IPA 6 SMA Syamtalira *Jurnal Serambi*

- Akademika, 8(3), 506–517. <http://ojs.serambimekkah.ac.id/serambi-akademika/article/view/2230%0Ahttp://ojs.serambimekkah.ac.id/serambi-akademika/article/download/2230/1823>
- Barreda, Ariel B. (2018). Assessing the level of awareness on climate change and sustainable development among students of Partido State University, Camarines Sur, Philippines. *Journal of Sustainability Education*, 17(2), 1-17. <http://www.susted.org/>
- Budiningtyas, D. (2021). Penerapan Model Problem Based Learning (PBL) untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Materi Sistem Hukum dan Peradilan di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Hukum Dan Peradilan*, 1(1), 1–15.
- Cohen, J. (1988). *STATISTICAL POWER ANALYSIS for the BEHAVIORAL SCIENCES* second Edition. Lawrence Erlbaum Associates.
- Damari, Ari. (2022). *Bupena Merdeka IPA Fisika Kelas X Untuk SMA/MA*. Jakarta: Erlangga.
- Dede, M., Pramulatsih, G. P., Widiawaty, M. A., Ramadhan, Y. R. R., & Ati, A. (2019). Dinamika Suhu Permukaan Dan Kerapatan Vegetasi Di Kota Cirebon. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 6(1), 23–31. <https://doi.org/10.36754/jmkg.v6i1.111>
- Fadhlina H, & Suriana. (2022). Pendekatan, Strategi, Metode dan teknik Dalam Pembelajaran PAI Di Sekolah Dasar. *Genderang Asa: Journal of Primary Education*, 3(1), 20–31. <https://doi.org/10.47766/ga.v3i1.440>
- Fatimah, A. S., Purwosaputro, S., & Hartanti, P. T. (2024). Implementasi Sistem Among melalui Model Pembelajaran PBL pada Pendidikan Pancasila Kelas X PM 3. 06(03), 17649–17656
- Febrianto, T., Ngabekti, S., & Saptono, S. (2021). The effectiveness of schoology-assisted PBL BERBASIS STEM to improve critical thinking ability of junior high school students. *Journal of Innovative Science Education*, 10(2), 222–229. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jise>
- Hariyono, E., Suprpto, N., Zakhiyah, 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>
- Hidayah, F. N., & Permadi, D. (2023). Pengembangan E-LKPD Berbantuan PhET Simulation Berbasis Problem Based Learning untuk Menumbuhkan Keterampilan Berpikir Kritis. *Sinapmasagi*, 3, 138–150
- Kasa, I. W. (2019). Pemanasan Global Sebagai Akibat Ulah Manusia di Planet Bumi. *Symbiosis*, 7(1), 29–33.
- 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/jrkipf.v5i2.9977>
- Krisdiana, A., Puspita, R., & Dwikoranto. (2023). Penerapan Pembelajaran Inovatif (PjBL & PBL) pada Materi Pemanasan Global terhadap Literasi Sains Peserta Didik Kelas X di SMA Negeri 1 Sooko Mojokerto. *PENDIPA Journal of Science Education*, 7(2), 137–142. <https://doi.org/10.33369/pendipa.7.2.137-142>
- Linda, Z., & Lestari, I. (2019). Berpikir Kritis Dalam Konteks Pembelajaran. In *Erzatama Karya Abadi* (Issue August)
- Masitah, T., Wulandari, A. Y. R., Hadi, W. P., & Qomaria, N. (2022). Profil Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas VII Materi Pencemaran Lingkungan. *Natural Science Education Research*, 4(3), 209–213. <https://doi.org/10.21107/nser.v4i3.8392>
- Mustakim, N. I. L., Hilmi Hambali, & Nurdiyanti. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Sistem Koordinasi. *COMPASS: Journal of Education and Counselling*, 1(2), 287–292. <https://doi.org/10.58738/compass.v1i2.367>
- Nabilah, H., & Hariyono, E. (2021). Analysis on Climate Literacy Capacity of Level XI High School Students in Surabaya. *Prisma Sains : Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan IPA IKIP Mataram*, 9(1), 28. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v9i1.3816>
- Najaah, L. S., & Amrulloh, M. (2022). Penerapan Media Pembelajaran Interaktif Global Warming

- Berbasis Blended Learning Untuk Meningkatkan Pengetahuan Dan Sikap Peduli Lingkungan Peserta Didik Sma. *Jurnal Jaringan Penelitian Pengembangan Penerapan Inovasi Pendidikan (Jarlitbang)*, 137–146. <https://doi.org/10.59344/jarlitbang.v8i2.24>
- Nurazmi, & Bancong, H. (2021). Integrated STEM-PBL Model: Its Effect on Students' Critical Thinking. *Kasuari: Physics Education Journal*, 4(2), 70–77. <http://jurnal.unipa.ac.id/index.php/kpej>
- Pasaribu, S. E., Halendra, H., Ristiono, R., & Atifah, Y. (2020). Perbandingan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP yang Diajar Dengan Model PBL dan Discovery Learning. *Jurnal Mimbar Ilmu*, 25(3), 460–469.
- Permana, F. H., & Chamisijatin, L. (2019). Project-based learning through edmodo: improving critical thinking and histology concepts. *Biosfer*, 12(1), 58–69. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.v12n1.58-69>
- Permata, A. R., Muslim, M., & Suyana, I. (2019). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Sma Pada Materi Momentum Dan Impuls. VIII, SNF2019-PE-9–16. <https://doi.org/10.21009/03.snf2019.01.pe.02>
- Putri, W. I., Sundari, P. D., Mufit, F., & Dewi, W. S. (2023). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA Pada Materi Pemanasan Global. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 8(4), 2428–2435. <https://doi.org/10.29303/jipp.v8i4.1787>
- Radhiyah, R. W., & Hariyono, E. (2022). Pemanfaatan Terrarium Sederhana dengan Model PBL untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Perubahan Iklim. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 7(2), 299. <https://doi.org/10.28926/briliant.v7i2.959>
- Rahmadania, N. (2022). Pemanasan Global Penyebab Efek Rumah Kaca dan Penanggulangannya. *Ilmuteknik.Org*, 2(3), 1–12. <http://ilmuteknik.org/index.php/ilmuteknik/article/view/87>
- Rohmah, H. N., Suherman, A., & Utami, I. S. (2021). Penerapan PBL Berbasis Stem pada Materi Alat Optik untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 12(2), 117–123. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v12i2.7900>
- Rosyid, M. Z. (2021). Belajar dan Pembelajaran. In UPT UHAMKA Press. www.uhamkpress.com
- Sarip, N., K. Arafah., P. Palloan. (2022). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas X Di SMAN 10 Makassar. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, 18(3), 291–299. <http://ojs.unm.ac.id/jsdpf>
- Septikasari, R. (2018). Keterampilan 4C abad 21 dalam pembelajaran. *Jurnal Tarbiyah Al-Awlad*, VIII(2), 107–117
- Setiana, I. F., & Madlazim, M. (2021). Penerapan Model Pembelajaran Learning Cycle 7E Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Pemanasan Global. *IPF: Inovasi Pendidikan Fisika*, 10(1), 125–130. <https://doi.org/10.26740/ipf.v10n1.p125-130>
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Tahsinia, J., Fatimah, S., & Zulaiha, F. (2023). Implementasi Pendekatan Stem (Science , Technology , Engineering , Mathematics) Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. 4(2), 230–241
- Tifani, A., & Dewi, N. R. (2023). Penerapan Model Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Sosial Peserta Didik Kelas Viii E Smp N 41 Semarang. *Proceeding Seminar Nasional IPA*, 456–465. <https://proceeding.unnes.ac.id/snipa/article/view/2327>
- Utami, D. N. (2019). Kajian Dampak Perubahan Iklim Terhadap Degradasi Tanah. *Jurnal Alami : Jurnal Teknologi Reduksi Risiko Bencana*, 3(2), 122. <https://doi.org/10.29122/alami.v3i2.3744>
- Windari, C. O., & Yanti, F. A. (2021). Penerapan model PBL untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. *Edu Sains Jurnal Pendidikan Sains & Matematika*, 9(1), 61–70. <https://doi.org/10.23971/eds.v9i1.2716>
- Yuniar, V., & Hadi, S. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran PBL Berbasis STEM Menggunakan Bantuan Mind Mapping terhadap Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 3(1), 44–54. <https://doi.org/10.21154/jtii.v3i1.1165>
- Zakiah, N., & Ramli, Y. (2023). Pengaruh Pembelajaran PBL Terintegrasi STEM terhadap

Keterampilan Berpikir Kritis Siswa The Effect of STEM-integrated PBL Learning on Students' Critical Thinking Skills. Jurnal Jeumpa, 10(2), 269–277.
<https://doi.org/10.33059/jj.v10i2.8479>