Edukimia
e-ISSN: 2502-6399
http://edukimia.ppj.unp.ac.id/ojs/index.php/edukimia/

RESEARCH ARTICLE

Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Berdasarkan Hasil Belajar melalui Model Pembelajaran PBL pada Topik Efek Rumah Kaca

An Analysis of Students' Critical Thinking Skills Based on Learning Outcomes through the PBL Model on the Topic of the Greenhouse Effect

Azizah Fitrianingsih[1], Ridwan Joharmawan[1*], Brian Anggriawan[1]
[1] PPG sekolah Pascasarjana, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia, 65145.
[*] ridwan.joharmawan.fmipa@um.ac.id

Received on:
24th May 2025

Revised till:
6th July 2025

Accepted on:
16th July 2025

Publisher version published on:
16th July 2025

ABSTRACT

A descriptive quantitative study using a one-group pretest-posttest design was conducted on Grade X students to address the low critical thinking skills in science learning. Previous studies on Problem-Based Learning (PBL) have mainly focused on general chemistry topics, with limited research on the greenhouse effect within the Merdeka curriculum. This study aimed to analyze students' critical thinking skills after implementing a PBL model enriched with simple experiments, digital simulations, and scientific debates. A two-tier instrument was used to assess five indicators: interpretation, analysis, evaluation, inference, and explanation. The average score increased from 52 to 79, with an N-Gain of 0.57 (moderate category). The inference category achieved the highest score, whereas the analysis category received the lowest score. The applied PBL model positively contributed to students' critical thinking on contextual scientific issues.

KEYWORDS

Critical thinking, Problem-based learning, Greenhouse effect, Innovative instructional strategies, Transformation in science teaching and learning

ABSTRAK

Penelitian kuantitatif deskriptif dengan desain *pretest-posttest* satu kelompok telah dilakukan pada peserta didik kelas X SMA untuk menanggapi rendahnya kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran sains. Sebagian besar studi sebelumnya terkait *Problem-Based Learning* (PBL) masih terbatas pada materi kimia umum dan belum menjangkau topik efek rumah kaca dalam kurikulum Merdeka. Penelitian ini bertujuan menganalisis kemampuan berpikir kritis peserta didik setelah penerapan model PBL yang disertai eksperimen sederhana, simulasi digital, dan debat ilmiah. Instrumen *two-tier* digunakan untuk mengukur lima indikator berpikir kritis: interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, dan penjelasan. Hasil menunjukkan skor rata-rata peserta didik naik dari 52 menjadi 79, dengan N-Gain 0,57 (dalam kategori sedang). Indikator inferensi memperoleh skor tertinggi, sedangkan analisis terendah. Model PBL terbukti memberi kontribusi positif dalam mengembangkan cara berpikir kritis peserta didik pada isu kontekstual.

KATA KUNCI

Berpikir kritis, *Problem-based learning*, Efek rumah kaca, Pendekatan pembelajaran inovatif, Transformasi pembelajaran kimia
.

CC BY

1. PENDAHULUAN

Abad ke-21 menghadirkan tantangan baru dalam pendidikan, khususnya dalam mempersiapkan peserta didik agar memiliki kompetensi yang sesuai dengan tuntutan zaman. Kerangka kompetensi abad ke-21 adalah metode global yang banyak digunakan untuk mengukur seberapa siap generasi muda untuk menghadapi masa depan. Dalam kerangka ini, terdapat empat kompetensi utama yang dikenal sebagai 4C: kreativitas, berpikir kritis, komunikasi, dan kolaborasi[1]. Kompetensi 4C merupakan fondasi krusial dalam mempersiapkan peserta didik untuk bersaing secara global dan mengatasi berbagai masalah kompleks dalam masyarakat.

Dari keempat kompetensi tersebut, kemampuan berpikir kritis memiliki peranan yang sangat signifikan. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa berpikir kritis merupakan keterampilan yang diperlukan untuk menghadapi kompleksitas informasi, menyaring data yang valid, serta membuat keputusan secara rasional dan berbasis bukti[2]. Peserta didik yang memiliki keterampilan berpikir kritis tidak hanya mampu memahami materi pelajaran, tetapi juga dapat mengevaluasi argumen, menganalisis masalah, dan merumuskan solusi yang tepat berdasarkan data yang ada.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik di Indonesia masih tergolong rendah. Hal ini terutama terlihat saat belajar IPA, yang mencakup topik-topik yang abstrak dan kompleks seperti perubahan iklim. Sebuah studi menunjukkan bahwa peserta didik SMA masih mengalami kesulitan dalam berpikir kritis dan membuat kesimpulan ilmiah dalam pembelajaran sains[3].

Rendahnya kemampuan berpikir kritis peserta didik tercermin dalam laporan *PISA 2022 Result Volume 1* yang dirilis pada Desember 2023. Indonesia menerima skor literasi sains rata-rata sebesar 383 poin, jauh di bawah rata-rata OECD yang mencapai 485 poin. Hanya 34% peserta didik Indonesia yang dapat mencapai Level 2 atau lebih tinggi dalam literasi sains, dibandingkan dengan rata-rata di negara peserta PISA mencapai 76%[4]. Meskipun peringkat Indonesia dalam literasi sains meningkat dari posisi ke-71 pada tahun 2018 menjadi posisi ke-66 pada tahun 2022, data ini tetap mengindikasikan perlunya strategi pembelajaran yang lebih inovatif, kontekstual, dan berfokus pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Untuk menjawab tantangan tersebut, diperlukan model pembelajaran yang tidak hanya mendorong pemahaman konseptual, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Salah satu model yang terbukti efektif adalah *Problem-Based Learning* (PBL). PBL merupakan pendekatan pembelajaran yang menekankan pada pemecahan masalah nyata sebagai landasan dalam proses belajar. PBL mendorong keterlibatan aktif peserta didik, memperkuat pemahaman konsep, serta mengembangkan kemampuan berpikir kritis melalui investigasi dan refleksi mendalam[5].

Efektivitas PBL dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis juga didukung oleh berbagai penelitian. Salah satu studi dalam *Jurnal Edukimia* menemukan bahwa penerapan PBL pada materi asam-basa tidak hanya meningkatkan hasil belajar tetapi juga keterampilan berpikir kritis peserta didik[6]. Penelitian lain juga menunjukkan hasil serupa bahwa integrasi cerita dilema dalam PBL pada topik reaksi redoks mampu mendorong peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik hingga level *acceptable*[7]. Studi lain melaporkan bahwa PBL pada topik titrasi asam-basa menghasilkan N-gain 0,59, dengan indikator deduksi sebagai yang paling dominan[8]. Sementara itu, PBL secara signifikan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada topik perubahan lingkungan ($p = 0{,}000$) [9].

Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada topik-topik umum dalam kimia seperti asam-basa dan reaksi redoks. Penerapan PBL secara spesifik pada topik efek rumah kaca dalam konteks kimia, yang merupakan bagian penting dari isu perubahan iklim, masih jarang ditemukan. Selain itu, relevansi penerapan PBL dalam konteks Kurikulum Merdeka, khususnya fase E, juga belum banyak dikaji. Padahal, Kurikulum Merdeka menekankan pembelajaran kontekstual yang berorientasi pada pengembangan *higher-order thinking skills* (HOTS) seperti analisis, evaluasi, dan inferensi.

Materi perubahan iklim, khususnya pada topik efek rumah kaca, merupakan materi yang sangat relevan untuk dikaji melalui pendekatan PBL. Dalam Kurikulum Merdeka, materi ini diajarkan pada mata pelajaran Kimia fase E dengan fokus pada proses-proses kimia di atmosfer dan dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan[10]. Sayangnya, penyampaian materi ini seringkali bersifat abstrak dan kurang dikaitkan dengan konteks kehidupan nyata, sehingga menyulitkan peserta didik dalam memahami dan menerapkannya[11].

Hasil belajar, sebagai indikator keberhasilan pendidikan, mencerminkan sejauh mana peserta didik memahami materi, menguasai keterampilan, dan mampu menerapkan pengetahuan dalam konteks yang relevan. Dalam konteks pendidikan sains, hasil belajar yang optimal tidak hanya tercermin dalam nilai kognitif, tetapi juga dalam kemampuan peserta didik untuk berpikir kritis, memecahkan masalah, dan membuat keputusan berbasis data. Sejalan dengan hal

tersebut, pendekatan PBL dinilai mampu mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam memecahkan permasalahan kontekstual yang kompleks, sekaligus mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Oleh karena itu, menganalisis kemampuan berpikir kritis peserta didik berdasarkan hasil belajar melalui pendekatan PBL merupakan langkah penting untuk mengevaluasi efektivitas model pembelajaran yang diterapkan.

Selaras dengan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan berpikir kritis peserta didik berdasarkan hasil belajar melalui penerapan model PBL pada materi perubahan iklim, khususnya topik efek rumah kaca, di kalangan peserta didik kelas X.

2. METODE

Penelitian ini mengadopsi desain eksperimen dengan pendekatan kuantitatif yang berupa desain *pretest-posttest* satu kelompok. Dalam desain ini, terdapat satu kelompok eksperimen yang menerima perlakuan berupa model pembelajaran berbasis masalah (PBL) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik mengenai materi perubahan iklim pada topik efek rumah kaca. Sebelum intervensi, peserta didik menjalani *pretest* untuk mengevaluasi keterampilan berpikir kritis mereka; setelah intervensi (pembelajaran berbasis masalah), peserta didik diberikan *posttest* untuk mengidentifikasi perubahan dalam keterampilan berpikir kritis yang terjadi.

Beberapa penelitian terdahulu telah menggunakan desain *pretest-posttest* satu kelompok untuk menguji efektivitas model PBL dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Salah satu penelitian menggunakan desain ini dalam pembelajaran topik asam-basa dan menemukan peningkatan signifikan pada seluruh indikator berpikir kritis setelah penerapan PBL[12]. Penelitian serupa juga menunjukkan bahwa pendekatan serupa efektif diterapkan dalam pembelajaran biologi berbasis masalah, dengan nilai rata-rata N-gain berada pada kategori sedang[13]. Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa desain *pretest-posttest* satu kelompok layak digunakan untuk mengevaluasi dampak penerapan PBL terhadap perkembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Subjek pada penelitian ini adalah 28 peserta didik kelas X di salah satu SMA. Pemilihan kelas dilakukan melalui metode *convenience sampling*, yaitu memilih kelas yang paling mudah diakses, memiliki ketersediaan partisipan, dan sesuai dengan karakteristik yang diperlukan untuk penelitian ini. Penelitian ini tidak mencakup kelompok kontrol, karena hanya terdapat satu kelas eksperimen yang diukur perubahan keterampilan berpikir kritisnya sebelum dan sesudah perlakuan.

Prosedur dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir berikut.

Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahap awal penelitian dimulai dengan tahap perencanaan. Diawali dengan kegiatan observasi awal untuk mengidentifikasi kondisi kelas dan karakteristik peserta didik, khususnya dalam hal keterampilan berpikir kritis. Berdasarkan hasil observasi, dirancang desain pembelajaran dengan model PBL yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik melalui pemecahan masalah kontekstual. Fokus penelitian ini adalah pada topik efek rumah kaca. Pada tahap ini, disusun perangkat pembelajaran yang mencakup Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), serta instrumen asesmen berupa *pretest* dan *posttest.* Instrumen *pretest* dan *posttest* yang digunakan adalah soal dua tingkat (*two-tier*) dengan model sebagai berikut:

1. Bagian pertama (*Tier 1*): Peserta didik diminta memilih pernyataan dan alasan berdasarkan kebenarannya, misalnya "Pernyataan benar, alasan benar, dan keduanya menunjukkan hubungan sebab-akibat", atau opsi kombinasi lainnya.

2. Bagian kedua (*Tier 2*): Peserta didik diminta untuk memilih alasan yang paling relevan guna mendukung atau menjelaskan pernyataan yang dipilih pada bagian pertama.

Soal *two-tier* ini terdiri atas lima butir yang masing-masing merepresentasikan indikator keterampilan berpikir kritis berdasarkan kerangka kerja dari Facione, yaitu: menginterpretasi, menganalisis, mengevaluasi, menginferensi, dan menjelaskan. Soal ini dipilih karena kemampuannya dalam mengungkap pemahaman konseptual dan penalaran peserta didik secara mendalam[14].

Pada tahap perencanaan, RPP, LKPD dan instrumen yang telah dibuat divalidasi oleh validator ahli. Validasi dilakukan menggunakan lembar validasi berupa angket yang bertujuan untuk mendapatkan masukan dan penilaian terhadap kualitas instrumen. Validator terdiri dari guru kimia yang kompeten di bidangnya. Aspek yang dinilai dalam RPP dan LKPD mencakup kesesuaian sintaks dengan model pembelajaran PBL, kejelasan tujuan, pemilihan media, serta penggunaan bahasa dan konsep. Sementara itu, instrumen tes hasil belajar dinilai dari kesesuaian soal dengan indikator berpikir kritis, kejelasan pernyataan, kebenaran konsep, dan ketepatan bahasa. Angket yang digunakan menggunakan skala Likert, skor 5 jika aspek sangat baik, skor 4 jika aspek baik, skor 3 jika aspek cukup baik, skor 2 jika aspek kurang, dan skor 1 jika sangat kurang.

Skor yang diberikan validator dikonversi ke dalam bentuk persentase dengan rumus:

$$P = \frac{\sum skor\ penilai}{skor\ maksimum} \times 100\%$$

Hasil persentase kemudian dikategorikan berdasarkan kriteria validitas berikut:

Tabel 1. Kriteria Validitas Isi

Persentase (%)	Tingkat Validitas
81-100	Sangat tinggi
61-80	Tinggi
41-60	Cukup
21-40	Rendah
0-20	Sangat rendah

Hasil validasi ini digunakan untuk merevisi dan menyempurnakan perangkat pembelajaran dan instrumen tes sebelum diterapkan dalam tahap tindakan.

Pada tahap tindakan, penelitian dilakukan dalam satu siklus pembelajaran yang terdiri dari empat pertemuan. Pelaksanaan pembelajaran mengikuti sintaks PBL, yang mencakup: (1) orientasi peserta didik pada masalah, (2) pengorganisasian peserta didik untuk belajar, (3) bimbingan dalam penyelidikan, (4) pengembangan dan penyajian hasil karya, serta (5) analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah.

Pertemuan pertama digunakan untuk administrasi *pretest* yang bertujuan mengukur kemampuan awal berpikir kritis peserta didik. Saat bersamaan, diterapkan sintaks pertama dan kedua, yaitu orientasi masalah dan pengorganisasian pembelajaran. Guru menyajikan artikel kontekstual berjudul "Kehidupan Petani Apel Malang di Batu Semakin Tidak Pasti, Terancam Krisis Iklim akibat Pemanasan Global". Para peserta didik kemudian berkolaborasi dalam kelompok untuk mengidentifikasi isu utama, merumuskan pertanyaan kritis, serta menyusun rencana investigasi.

Sintaks ketiga dan keempat dilaksanakan melalui pertemuan kedua dan ketiga; keduanya berfungsi untuk membimbing penyelidikan dan mengembangkan dan menyajikan hasilnya. Dalam tahap ini, peserta didik melaksanakan eksperimen sederhana menggunakan dua botol kaca tertutup, satu berisi udara normal dan satu berisi gas CO_2 yang dihasilkan dari reaksi cuka dan soda kue. Kemudian kedua botol tersebut diletakkan di bawah sumber panas untuk mengamati variasi suhu, yang menggambarkan efek rumah kaca[11]. Selain itu, peserta didik melaksanakan simulasi digital "*Greenhouse Effect*" dan "*Molecules and Light*" dari PhET untuk mengeksplorasi interaksi radiasi inframerah dengan molekul gas rumah kaca seperti CO_2[5]. Model tindakan seperti ini juga diterapkan dalam pembelajaran PBL bertema pemanasan global[16]. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi eksperimen kontekstual dan simulasi digital efektif meningkatkan argumentasi ilmiah dan berpikir kritis peserta didik.

Sintaks terakhir analisis dan evaluasi dilaksanakan pada pertemuan keempat. Para peserta didik mempresentasikan hasil eksperimen dan simulasi, kemudian berpartisipasi dalam debat ilmiah dengan mosi "Untuk mengurangi efek rumah kaca, kita harus mengurangi penggunaan kendaraan bermotor." Aktivitas ini meningkatkan kemampuan berpikir kritis, argumentasi berbasis data, dan komunikasi ilmiah. Di akhir sesi, peserta didik melaksanakan *posttest* untuk mengevaluasi peningkatan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar setelah proses pembelajaran.

Tahap refleksi dilakukan setelah penyelesaian siklus pembelajaran. Refleksi bertujuan untuk menilai efektivitas penerapan model PBL dan penggunaan soal *two-tier* dalam pengajaran materi efek rumah kaca. Evaluasi dilaksanakan melalui analisis hasil *pretest* dan *posttest*, baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Selain itu, dianalisis juga proses partisipasi peserta didik selama pembelajaran serta kendala yang mungkin timbul. Pendekatan refleksi ini juga digunakan dalam mengevaluasi pembelajaran berbasis proyek pada topik perubahan iklim[17]. Pada penelitian tersebut tercatat bahwa refleksi terhadap proses partisipasi dan hasil belajar dapat memperkuat perbaikan strategi pembelajaran berbasis masalah. Hasil refleksi ini digunakan sebagai dasar untuk menyimpulkan keberhasilan pembelajaran dan menawarkan saran untuk praktik lanjutan.

Secara kuantitatif, data penelitian ini dianalisis untuk mengetahui apakah kemampuan berpikir kritis peserta didik meningkat sebelum dan sesudah pembelajaran. Instrumen yang digunakan adalah soal two-tier yang terdiri dari dua komponen. Pendekatan dua tingkat ini dipilih karena dianggap efektif dalam mengukur kemampuan berpikir kritis, karena tidak hanya menilai hasil akhir, tetapi juga mengungkapkan alasan di balik jawaban peserta didik[18]. Bagian pertama (*Tier 1*) mengevaluasi pemahaman konseptual peserta didik melalui kombinasi pilihan pernyataan dan alasan (contohnya: "Pernyataan benar, alasan benar, dan keduanya menunjukkan hubungan sebab-akibat"). Bagian kedua (*Tier 2*) meminta peserta didik untuk memilih alasan ilmiah yang paling relevan guna mendukung jawaban di tier pertama. Penskoran ditetapkan sebagai berikut:

Tabel 2. Penskoran Soal *Two-tier*

Tier 1* dan *Tier 2	**Skor**
Benar semua	2
Salah satu benar	1
Salah semua	0

Keterangan:

Maksimal skor = 2 per pertanyaan

Total skor maksimum untuk sepuluh soal adalah 20.

Oleh karena itu, nilai akhir peserta didik dapat dikonversi ke dalam skala 0–100 menggunakan rumus :

$$\text{Nilai akhir} = \frac{Total\ skor\ diperoleh}{20} \text{ x } 100$$

Data kuantitatif berupa skor *pretest* dan *posttest* dianalisis dengan menggunakan skor N-Gain. Kategori N Gain yang digunakan tertera dalam Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Kriteria Skor N Gain

Nilai N-Gain	Kategori
g > 0.7	Tinggi
0.3 < g < 0.7	Sedang
g < 0.3	Rendah

Sementara itu, data kualitatif dari hasil *pretest-posttest* dianalisis secara deskriptif untuk mengidentifikasi kemajuan dalam berpikir kritis mereka. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas model PBL dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada topik efek rumah kaca.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 HASIL VALIDASI ISI

Hasil validasi isi terhadap perangkat dan instrumen yang digunakan dalam penelitian menunjukkan bahwa instrumen telah memenuhi standar kelayakan. Berdasarkan penilaian validator ahli, diperoleh hasil sebagai berikut: validasi isi untuk Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) sebesar 92,5%**,** Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis PBL sebesar 88,5%**,** dan instrumen soal *two-tier* untuk tes hasil belajar sebesar 89,2%**.** Mengacu pada kategori tingkat validitas, seluruh nilai tersebut termasuk dalam kategori "sangat tinggi"[15]. Oleh karena itu, seluruh perangkat dan instrumen dinyatakan valid dan layak untuk digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini.

3.2 HASIL BELAJAR

Setelah seluruh perangkat dan instrumen dinyatakan valid dan layak digunakan, pembelajaran dilaksanakan dengan menerapkan model PBL pada topik Perubahan Iklim, khususnya materi Efek Rumah Kaca. Selama proses pembelajaran, peserta didik terlibat aktif dalam kegiatan pemecahan masalah kontekstual yang dirancang untuk menumbuhkan keterampilan berpikir kritis.

Agar mengetahui efektivitas penerapan model PBL terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik, dilakukan pengukuran hasil belajar melalui tes dua tingkat (*two-tier test*) yang diberikan sebelum (*pretest*) dan sesudah (*posttest*) pembelajaran. Hasil analisis skor *pretest* dan *posttest* digunakan untuk menilai peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Tabel 4 berikut menyajikan perbandingan hasil belajar peserta didik secara kuantitatif.

Tabel 4. Hasil Tes Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik

Kriteria	*Pretest*	*Postest*
Nilai tertinggi	70	95
Nilai terendah	25	55
Nilai rata-rata	52	79
N-gain	-	0,57

Rata-rata nilai *pretest* menunjukkan bahwa kemampuan awal berpikir kritis peserta didik tergolong rendah, yaitu sebesar 52. Setelah penerapan model PBL, nilai rata-rata meningkat menjadi 79. Perbedaan antara nilai *pretest* dan *posttest* ini menghasilkan skor N-Gain sebesar 0,57, yang tergolong dalam kategori sedang menurut klasifikasi Hake[19]. Hasil ini menunjukkan bahwa PBL memiliki efektivitas yang cukup baik dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Temuan ini konsisten dengan penelitian yang menunjukkan bahwa penerapan PBL pada materi asam-basa menghasilkan N-Gain pada kategori sedang dalam peningkatan keterampilan berpikir kritis[12]. Demikian pula, pada penelitian lain menemukan bahwa PBL efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual dan kemampuan analitis peserta didik dalam pembelajaran biologi[13].

Dalam konteks penelitian ini, strategi pembelajaran yang digunakan mencakup debat ilmiah kontekstual, simulasi digital interaktif, dan eksperimen visualisasi efek rumah kaca. Kombinasi pendekatan tersebut terbukti membantu peserta didik dalam memahami konsep secara mendalam serta menghubungkan informasi secara logis. Dengan demikian, penerapan model PBL tidak hanya berdampak pada peningkatan hasil belajar, tetapi juga membekali peserta didik dengan kemampuan berpikir kritis yang esensial dalam menghadapi tantangan pembelajaran abad ke-21.

3.3 ANALISIS KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS

Setelah penerapan model PBL, analisis dilakukan terhadap lima indikator kemampuan berpikir kritis peserta didik, yaitu: analisis, evaluasi, interpretasi, inferensi, dan eksplanasi. Nilai pretest dan posttest pada setiap indikator dihitung menggunakan skor N-Gain untuk mengevaluasi efektivitas peningkatan kemampuan peserta didik setelah proses pembelajaran. Tabel 5 menunjukkan hasil perhitungan N-Gain untuk setiap indikator.

Tabel 5. Kriteria Skor N-Gain Indikator Berpikir Kritis

Indikator Berpikir Kritis	N-Gain	Kategori
Penjelasan	0,43	Sedang
Inferensi	0,71	Tinggi
Interpretasi	0,57	Sedang
Evaluasi	0,42	Sedang
Analisis	0,38	Sedang

Tabel 5 menunjukkan bahwa indikator inferensi menerima skor N-Gain tertinggi (0,71), sedangkan indikator analisis menerima skor N-Gain terendah

(0,38). Skor tinggi pada indikator inferensi menunjukkan bahwa peserta didik telah membuat kemajuan besar dalam kemampuan mereka untuk membuat kesimpulan logis berdasarkan data. Sebaliknya, skor N-Gain yang relatif lebih rendah pada indikator analisis dapat menunjukkan bahwa peserta didik masih menghadapi kesulitan dalam membuat kesimpulan logis berdasarkan data. Indikator interpretasi, evaluasi, dan penjelasan berada dalam kategori sedang, yang menunjukkan bahwa peserta didik memperoleh peningkatan yang signifikan dalam kemampuan mereka setelah mengikuti pembelajaran.

Secara keseluruhan, seluruh indikator menunjukkan skor N-Gain dengan rata-rata sebesar 0,50, yang tergolong dalam kategori sedang. Hal ini mencerminkan efektivitas sedang dari penerapan model PBL dalam mengembangkan lima aspek berpikir kritis. Temuan ini mendukung penelitian yang menyatakan bahwa pembelajaran PBL berbasis kontekstual mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam proses berpikir tingkat tinggi[20]. Selain itu, hasil serupa juga dilaporkan saat menerapkan PBL pada topik titrasi asam-basa, di mana aspek inferensi dan interpretasi menunjukkan peningkatan paling signifikan, sebagaimana tercermin pula pada hasil penelitian ini[8].

Untuk memperjelas pencapaian pada setiap indikator, dilakukan analisis terhadap pertanyaan yang mewakili setiap aspek berpikir kritis. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana peserta didik dapat memenuhi tuntutan indikator, serta menemukan miskonsepsi atau tantangan yang muncul selama proses pembelajaran.

Indikator evaluasi mensyaratkan peserta didik diminta untuk menilai kebenaran pernyataan dan argumen ilmiah yang berkaitan dengan eksperimen efek rumah kaca menggunakan dua toples. Evaluasi dilakukan terhadap analogi plastik sebagai gas rumah kaca dan mekanisme penangkapan panas dalam sistem tertutup. Berdasarkan hasil respon peserta didik, banyak di antara mereka yang keliru pada *tier* 1. Mereka berpendapat bahwa pernyataan "termometer dalam toples diumpamakan sebagai panas bumi" adalah akurat, padahal seharusnya panas bumi dilukiskan sebagai energi panas, bukan sebagai objek (termometer). Selain itu, sejumlah peserta didik menolak pernyataan bahwa plastik dalam percobaan berfungsi sebagai analogi gas rumah kaca, karena mereka beranggapan bahwa plastik mewakili atmosfer bumi secara keseluruhan, bukan gas-gas penyerap radiasi seperti CO_2 atau CH_4. Namun, pada *tier* 2 (alasan), mayoritas peserta didik dapat memilih alasan yang tepat. Mereka mengerti bahwa panas dapat terperangkap karena plastik menahan radiasi inframerah yang dipantulkan dari dalamnya, yang merupakan prinsip dasar dari efek rumah kaca. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun peserta didik mulai memahami mekanisme konsepnya, mereka masih kesulitan mengevaluasi representasi ilmiah atau analogi. Hal ini menunjukkan bahwa penguatan dalam penggunaan analogi ilmiah harus diberikan agar peserta didik dapat mengevaluasi bagaimana konsep berhubungan satu sama lain dalam eksperimen sederhana. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian yang menemukan bahwa kemampuan evaluasi peserta didik meningkat ketika mereka dilatih mengevaluasi argumen ilmiah dalam konteks perubahan lingkungan[9]. Hal ini menunjukkan bahwa PBL tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga kemampuan peserta didik dalam menilai validitas suatu argumen berdasarkan data ilmiah.

Indikator interpretasi mensyaratkan kemampuan peserta didik diuji melalui pertanyaan yang mengharuskan mereka menafsirkan hubungan sebab-akibat dalam konteks efek rumah kaca. Peserta didik diminta untuk mengevaluasi dua pernyataan: bahwa efek rumah kaca menyebabkan peningkatan suhu Bumi, dan bahwa fenomena tersebut disebabkan oleh adanya "rumah kaca di Bumi", serta memilih alasan yang mendukung. Menurut hasil jawaban, banyak peserta didik yang salah pada *tier* 1. Dua peserta didik memilih opsi B, empat peserta didik memilih A, dan tiga peserta didik memilih E. Jawaban ini menunjukkan bahwa mereka bingung menentukan apakah kedua pernyataan memiliki hubungan sebab-akibat yang logis. Beberapa peserta didik percaya bahwa pernyataan "adanya rumah kaca di bumi" merupakan penyebab langsung pemanasan global, padahal hal tersebut hanyalah perumpamaan ilmiah yang sering disalahpahami. Meskipun demikian, sebagian besar peserta didik memiliki jawaban yang benar pada *tier* 2. Mereka dapat memilih alasan yang secara ilmiah tepat, bahwa radiasi matahari dapat melewati atmosfer dan dipantulkan kembali sebagai panas, tetapi panas tersebut terperangkap karena diserap oleh gas rumah kaca. Ini menunjukkan bahwa peserta didik memahami konsep dasar tentang mekanisme efek rumah kaca. Namun, mereka masih kesulitan menafsirkan dan mengaitkan dua fakta sebagai sebab-akibat. Temuan ini menunjukkan bahwa dalam aspek interpretasi, peserta didik memerlukan penguatan dalam membedakan antara pernyataan ilmiah literal dan analogi konseptual, serta memahami cara menyusun hubungan logis antar informasi yang saling berkaitan.

Indikator analisis mensyaratkan peserta didik diminta untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan suhu antara dua kota dengan karakteristik lingkungan yang berbeda. Soal ini menguji kemampuan peserta dalam memilah dan memilih informasi yang relevan, serta menganalisis faktor dominan yang mempengaruhi peningkatan suhu. Berdasarkan hasil jawaban, banyak peserta didik yang memilih opsi B pada *tier* 1, yang menyatakan bahwa penyebab perbedaan suhu adalah letak geografis kota. Pilihan ini menunjukkan bahwa mereka kurang mampu memahami bahwa perbedaan suhu yang diminta disebabkan oleh aktivitas manusia dan keberadaan vegetasi daripada posisi lintang. Pada *tier 2*, mayoritas peserta juga memilih opsi B, yang menjelaskan bahwa kota lebih panas karena gunung dan laut di sekitarnya, meskipun ini tidak penting untuk efek rumah kaca lokal.

Jawaban menunjukkan bahwa peserta didik belum memiliki kemampuan untuk menganalisis penyebab secara ilmiah dan masih bergantung pada faktor geografi yang umum. Mereka tidak dapat memilah informasi yang terlihat logis dan yang benar-benar relevan secara ilmiah tentang pemanasan lokal akibat urbanisasi dan gas rumah kaca. Ini menunjukkan bahwa kemampuan analisis peserta didik masih memerlukan peningkatan, terutama dalam menghubungkan aktivitas manusia dan perubahan lingkungan sebagai faktor penyebab perubahan suhu, bukan hanya berpikir secara spasial atau geografis.

Indikator inferensi mensyaratkan peserta didik diminta untuk menyimpulkan informasi mengenai reaksi pembakaran metana dan hubungannya dengan efek rumah kaca. Soal ini dirancang untuk menguji sejauh mana peserta didik dapat menghubungkan peristiwa kimia mikro dengan dampak makro lingkungan, khususnya kontribusi emisi terhadap pemanasan global. Banyak peserta didik gagal menarik kesimpulan yang tepat selama *pretest*. Pada *tier 1*, mayoritas peserta cenderung memilih opsi B atau C, yang menunjukkan bahwa pembakaran metana tidak menghasilkan gas rumah kaca atau tidak mempengaruhi suhu bumi secara langsung. Pada *tier 2*, mayoritas peserta cenderung memilih opsi B, yang menunjukkan bahwa mereka tidak memahami mekanisme kontribusi gas hasil pembakaran terhadap efek rumah kaca. Namun, hasil *posttest* menunjukkan peningkatan yang signifikan setelah pembelajaran. Mayoritas peserta didik dapat memberikan jawaban A pada *tier 1* dan *tier 2*, menunjukkan bahwa mereka menyadari bahwa CO_2 dan H_2O yang dihasilkan dari pembakaran metana adalah gas rumah kaca aktif dan memainkan peran penting dalam memerangkap panas di atmosfer. Perubahan pola jawaban ini menunjukkan bahwa belajar tentang konsep kimia yang kontekstual berhasil membantu peserta didik meningkatkan kemampuan inferensi ilmiahnya. Mereka tidak hanya dapat mengidentifikasi produk reaksi, tetapi juga dapat menentukan dampak reaksi secara sistemik pada lingkungan. Hasil ini menguatkan temuan yang menyatakan bahwa integrasi cerita dilema dan eksperimen dalam PBL efektif membentuk kemampuan peserta didik menarik kesimpulan logis dari proses kimia dan dampak lingkungannya[7].

Indikator penjelasan mensyaratkan peserta didik diminta untuk secara ilmiah menguraikan mekanisme molekul CO_2 sebagai gas rumah kaca, khususnya kemampuannya dalam menyerap radiasi inframerah. Soal ini menguji pemahaman mendalam mengenai struktur molekul dan sifat vibrasi yang mendasari kemampuan molekul dalam menyerap energi termal. Dalam tahap *pretest*, respons peserta didik menunjukkan variasi pemahaman yang signifikan, dan mayoritas belum akurat. Dalam *tier 1*, jawaban terdistribusi pada opsi A, B, D, dan E, dengan hanya sejumlah kecil peserta didik untuk memilih jawaban yang benar (opsi C). Ini menunjukkan bahwa mayoritas peserta didik belum memahami karakteristik molekul CO_2 yang memungkinkannya menyerap radiasi inframerah. Pada *tier 2*, respons peserta didik menunjukkan variasi, dengan hanya sedikit yang memilih alasan ilmiah yang akurat (opsi A). Banyak yang masih mengaitkan kemampuan penyerapan radiasi semata-mata dengan sifat polaritas molekul, tanpa memahami peran getaran molekul dan perubahan momen dipol. Untuk mengatasi miskonsepsi ini, pembelajaran dilakukan dengan memanfaatkan simulasi *PhET Colorado* (*Molecules and Light*) yang memvisualisasikan interaksi antara molekul dan radiasi cahaya. Simulasi ini membantu peserta didik dalam memahami bagaimana molekul seperti CO_2, H_2O, dan CH_4 dapat menyerap radiasi inframerah berdasarkan getaran dan struktur molekulnya. Selanjutnya, guru juga memberikan penjelasan tambahan mengenai struktur molekul dan momen dipol. Walaupun molekul CO_2 bersifat linear dan simetris secara geometris (O=C=O), terdapat getaran asimetris antara atom oksigen yang menghasilkan momen dipol sementara, memungkinkan molekul tersebut menyerap radiasi inframerah. Selain itu, molekul air (H_2O) yang memiliki bentuk V memiliki momen dipol permanen dan sangat efisien dalam menyerap radiasi inframerah. Sedangkan metana (CH_4) memiliki mode vibrasi kompleks yang memungkinkan penyerapan radiasi. Setelah pembelajaran tersebut, hasil *posttest* menunjukkan peningkatan yang substansial. Mayoritas peserta didik berhasil memberikan jawaban yang tepat pada *tier 1* (opsi C) dan *tier 2* (opsi A). Ini menunjukkan bahwa peserta didik telah memahami mekanisme ilmiah di balik perubahan momen dipol yang disebabkan oleh vibrasi asimetris molekul CO_2 yang menyerap radiasi inframerah. Pendekatan pembelajaran yang menggabungkan simulasi interaktif dan penjelasan konseptual dari guru telah terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan penjelasan ilmiah peserta didik. Pendekatan ini membantu mengubah cara berpikir mereka dari sekadar menghafal atau menebak menjadi penalaran yang didasarkan pada pemahaman konsep yang lebih dalam dan menarik. Sejalan dengan temuan tersebut, model PBL juga terbukti mampu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep-konsep ilmiah yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Keterlibatan aktif dalam pemecahan masalah nyata turut mendorong peserta didik untuk berpikir kritis, menganalisis, dan mencari solusi kreatif terhadap isu-isu seperti perubahan iklim[21].

Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa penerapan model PBL pada topik efek rumah kaca mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik secara menyeluruh, khususnya dalam hal menghubungkan konsep, menarik kesimpulan logis, dan mengevaluasi informasi ilmiah. Melalui rangkaian kegiatan seperti eksperimen kontekstual, simulasi

digital, dan debat ilmiah, peserta didik terlibat aktif dalam memahami isu perubahan iklim secara ilmiah dan bermakna. Efektivitas PBL dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi juga diperkuat oleh temuan-temuan lain yang menunjukkan bahwa model ini mendorong peserta didik untuk menganalisis, mengevaluasi, dan mengambil keputusan berdasarkan data dan argumen ilmiah, khususnya dalam konteks pembelajaran kimia[22]. Temuan ini menegaskan bahwa PBL bukan hanya relevan untuk penguasaan konsep, tetapi juga efektif dalam membentuk cara berpikir kritis yang dibutuhkan dalam menghadapi permasalahan global dan kompleks abad ke-21.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL) efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada topik efek rumah kaca. Model PBL yang dilengkapi dengan eksperimen sederhana, simulasi digital, dan debat ilmiah kontekstual mampu mendorong peningkatan skor rata-rata peserta didik dari 52 menjadi 79, dengan nilai N-Gain sebesar 0,57 dalam kategori sedang.

Indikator inferensi menunjukkan peningkatan paling tinggi, sedangkan indikator analisis mengalami peningkatan paling rendah. Seluruh indikator berpikir kritis menunjukkan adanya perkembangan yang positif setelah proses pembelajaran berlangsung. Penerapan pendekatan kontekstual dalam PBL terbukti memperkuat pemahaman konseptual dan kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik.

Penelitian ini merekomendasikan penggunaan model PBL sebagai strategi pembelajaran yang relevan untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21 dalam konteks isu global seperti topik efek rumah kaca.

ACKNOWLEDGEMENT

Kami berterima kasih atas dana yang diberikan oleh program PPG Sekolah Pascasarjana Universitas Negeri Malang untuk kegiatan ini.

REFERENSI

[1]. Kurniawan, E. 2021.4C Skills Integration in 21st Century Learning. J Pendidik Indones.

[2]. Sa'diyah, M., Herlanti, Y, Suwono, H. 2021. Kemampuan Berpikir Kritis dalam Pembelajaran Berbasis Masalah. J Pendidik Sains Indones.

[3]. Retnowati, E., Yuliati, L., Wulandari, I. 2020. Analisis kemampuan berpikir kritis peserta didik SMA dalam pembelajaran sains. J Pendidik IPA Indones.

[4]. OECD. PISA 2022 Results (Volume I) [Internet]. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD); 2023.

[5]. Chen, X., Xie, Y., Yang, F. The impact of problem-based learning on students' critical thinking: A meta-analysis. Think Ski Creat. 2021;39:100833.

[6]. Hasibuan, R., Halim, A. 2022. Penerapan model problem based learning untuk meningkatkan hasil belajar dan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi asam-basa. J Edukimia.

[7]. Nusantara, A., Fitriani, D., Surya, R. 2023. Integrasi cerita dilema dalam model PBL untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi reaksi redoks. J Pendidik Dan Pembelajaran Sains.

[8]. Jusniar, A, Sari, L. P., Ramadhan, R. 2024. Analisis peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik melalui model PBL pada materi titrasi asam-basa. J Pendidik Kim Dan Sains.

[9]. Hermawan, D. 2021. Peningkatan kemampuan berpikir kritis melalui penerapan model Problem Based Learning pada materi perubahan lingkungan. J Inov Pendidik IPA.

[10]. Kemendikbudristek. 2022. Capaian Pembelajaran Kimia Fase E Kurikulum Merdeka. Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi;

[11]. Gorib, A., Nurrohman, A. 2023. Kontekstualisasi materi efek rumah kaca dalam pembelajaran kimia berbasis Kurikulum Merdeka. J Pendidik Sains Indones.

[12]. Cahyani, A. R MA. 2020. The effect of problem based learning to critical thinking skills of senior high school students on acid-base topic. J Pendidik IPA Indones.

[13]. Wahyuni, S., Rahayu, S., Widodo, 2021. A. Problem-based learning and students' critical thinking skills in biology. J Sci Educ Res.

[14]. Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F., Mocerino, M. 2007. The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. Chem Educ Res Pract.

[15]. Landis, J.R., Koch, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. 1977.

[16]. Saputra, D. E., Latifah, F. 2022. Implementasi model PBL berbantuan simulasi untuk meningkatkan kemampuan argumentasi ilmiah peserta didik pada topik pemanasan global. J Inov Pendidik IPA.

[17]. Ningsih, R. P., Prasetyo, Z. K. 2023. Refleksi hasil belajar peserta didik melalui pembelajaran proyek

perubahan iklim dalam pendekatan saintifik. J Pendidik Sains Indones.

[18]. Jeniver, Muhyiatul, F., Heffi, A. 2023.. Literatur Review: Pengaruh Model Pembelajaran Pjbl (Project-Based Learning) Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. BIOCHEPHY J Sci Educ.

[19]. Hake, R. R. Lessons from the physics education reform effort. Conserv Ecol. 2002;5(2):28.

[20]. Putri, A. D., Wahyuni, S., Susanti, R. 2022. Pengembangan soal two-tier diagnostic test berbasis keterampilan berpikir kritis untuk materi perubahan lingkungan. J Pendidik Dan Pembelajaran Sains Indones.

[21]. Rokhman, A. Y., Rusijono, R., Susarno, L. H. 2025. Problem Based Learning: A Pathway to Critical Thinking and Digital Literacy in Geography. Cetta J Ilmu Pendidik.

[22]. Zubair S. 2022. Efektivitas simulasi digital dalam model pembelajaran PBL untuk meningkatkan pemahaman konsep dan argumentasi ilmiah peserta didik. J Pendidik Sains Dan Apl.