



Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran *Problem Based Learning* Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Pada Materi Ikatan Kimia

Delima Febriyani, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Indonesia

Heppy Okmarisa*, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Indonesia

ABSTRACT

Students' critical thinking skills remain relatively low, necessitating the use of appropriate learning models to address this issue. This study examined the effect of the Problem-Based Learning (PBL) model on high school students' critical thinking skills in chemical bonding at SMA Negeri 2 Tambang during the 2025/2026 academic year. Using a quantitative approach with a Pretest-Posttest Nonequivalent Control Group Design, two Grade XI Chemistry classes were selected through cluster random sampling. Essay tests were used as the research instrument. Data were analyzed using a t-test and determination coefficient test. The results showed a significance value of $0.000 < 0.05$, indicating a significant difference between the experimental and control classes. The experimental class achieved a higher average posttest score (80.4) than the control class (68.3). The determination coefficient (r^2) of 0.117 indicated that the PBL model contributed 11.7% to students' critical thinking skills. Therefore, PBL was effective in improving students' critical thinking skills in learning chemical bonding.

ARTICLE HISTORY

Submitted 03/06/2026

Revised 04/06/2026

Accepted 15/06/2026

KEYWORDS

Problem based learning; critical thinking skills; chemical bonding.

*CORRESPONDENCE AUTHOR

✉ heppyokmarisa91@email.com

DOI: <https://doi.org/10.30743/cheds.v10i1.13738>

1. PENDAHULUAN

Pendidikan menurut UU SISDIKNAS No. 20 tahun 2003 merupakan usaha sadar dan terencana yang dilakukan untuk mewujudkan suasana belajar serta proses pembelajaran yang memungkinkan siswa secara aktif mengembangkan potensi dirinya, meliputi kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, kecerdasan, akhlak mulia, hingga keterampilan yang dibutuhkan bagi diri sendiri maupun masyarakat (Annafy *et al.*, 2021). Seiring dengan perkembangan zaman, pendidikan abad ke-21 dituntut untuk menyesuaikan diri dengan berbagai tantangan global melalui pengembangan keterampilan abad ke-21 yang mencakup berpikir kritis, komunikasi, kreativitas, dan kolaborasi. Di antara keterampilan tersebut, berpikir kritis menjadi salah satu fokus utama pendidikan nasional untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan dan persaingan di era revolusi industri 4.0 (Subro & Fawaid, 2025). Namun demikian, rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa masih menjadi permasalahan yang sering dijumpai dalam proses pembelajaran di sekolah (Zahro & Lutfianasari, 2024).

Kemampuan berpikir kritis adalah kemampuan siswa dalam menganalisis pendapat, menggunakan penalaran secara logis untuk menarik kesimpulan, melakukan evaluasi, serta menemukan solusi terhadap permasalahan yang dihadapi (Habibah *et al.*, 2022). Siswa yang memiliki keterampilan ini cenderung lebih mudah memahami konsep dan mampu mengaplikasikan konsep tersebut dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, kemampuan berpikir kritis juga berpengaruh terhadap keberhasilan siswa dalam menghadapi ujian dan ulangan (Ariadila *et al.*, 2023; Pohan *et al.*, 2023; Siregar *et al.*, 2022). Namun demikian, masih banyak siswa yang mengalami kesulitan dalam menerapkan kemampuan berpikir kritis saat menyelesaikan suatu permasalahan (Damayanti *et al.*, 2022). Hasil PISA 2022 menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa Indonesia masih tergolong rendah, ditandai dengan peringkat Indonesia yang berada pada urutan 70 dari 78 negara serta penurunan skor dibandingkan periode sebelumnya. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa siswa Indonesia masih memiliki kemampuan yang kurang memadai dalam pengetahuan sains dan pemecahan masalah yang memerlukan keterampilan analisis (Utami & Nurohman, 2025).

Pembelajaran sains, terutama pada mata pelajaran kimia merupakan pembelajaran yang disusun secara sistematis dan terarah. Kimia sering kali dipandang sebagai mata pelajaran yang sulit oleh siswa karena banyak materi yang bersifat abstrak dan tidak dapat diamati secara langsung (Sani *et al.*, 2020). Salah satu materi penting dalam pembelajaran kimia adalah ikatan kimia. Materi ini memiliki tingkat keabstrakan yang tinggi karena menuntut pemahaman konsep sekaligus kemampuan menerapkannya. Materi ini juga menuntut kemampuan berpikir kritis dalam menganalisis proses pembentukan ikatan, melibatkan proses evaluasi untuk membedakan berbagai jenis ikatan, menentukan kepolaran molekul, serta menjelaskan hubungan antara struktur dan sifat suatu senyawa (Sari *et al.*, 2023).



Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan di SMAN 2 Tambang, diketahui bahwa proses pembelajaran yang diterapkan saat ini menggunakan pendekatan saintifik dan diskusi kelompok. Namun, kemampuan berpikir kritis siswa masih belum berkembang secara optimal. Hal ini terlihat dari hasil observasi guru dikelas bahwasanya masih banyak siswa yang belum mampu mengidentifikasi informasi penting yang diberikan, menganalisis hubungan antar konsep, serta memberikan argumen logis yang didukung oleh alasan yang tepat. Selain itu, siswa cenderung pasif dalam kegiatan diskusi, kurang mampu mengajukan pertanyaan yang relevan, serta mengalami kesulitan dalam menyusun kesimpulan berdasarkan hasil pembelajaran. Guru juga mengamati bahwa ketika diberikan soal HOTS, hanya sebagian siswa yang mampu menganalisis dan menyelesaikan permasalahan dengan baik, sedangkan siswa lainnya masih mengalami kesulitan dalam menginterpretasikan informasi, menentukan strategi penyelesaian, dan memberikan alasan terhadap jawaban yang diberikan.

Perhatian terhadap pemilihan serta penerapan model pembelajaran menjadi aspek penting dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Salah satu model pembelajaran yang dapat dijadikan alternatif adalah model pembelajaran problem based learning (Amini *et al.*, 2021). Model problem based learning merupakan pendekatan pembelajaran yang menekankan keterlibatan aktif siswa dalam memecahkan suatu permasalahan. Melalui penerapan model ini, siswa dibimbing untuk menemukan solusi secara mandiri dengan melakukan analisis mendalam terhadap permasalahan nyata yang diberikan oleh guru (Sinusi, 2021). Dalam proses pembelajaran PBL, guru bertindak sebagai fasilitator yang memberikan arahan dan menyajikan masalah secara bertahap, sehingga siswa terdorong untuk belajar mandiri dan tidak hanya bergantung pada penjelasan guru (Ananda & Fauziah, 2022).

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa model problem based learning dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada berbagai mata pelajaran dan materi kimia. Namun, penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh model problem based learning terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada materi ikatan kimia di SMA Negeri 2 Tambang masih belum ditemukan. Selain itu, sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak meneliti hasil belajar dibandingkan kemampuan berpikir kritis berdasarkan indikator interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan melihat pengaruh penerapan model pembelajaran problem based learning terhadap kemampuan berpikir kritis siswa SMA pada materi ikatan kimia di SMA Negeri 2 Tambang.

2. METODE PENELITIAN.

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Jenis penelitian yang digunakan adalah kuasi eksperimen dengan desain non-equivalent pretest-posttest design of control group. Penelitian ini melibatkan dua kelompok, yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kelas eksperimen diberi perlakuan berupa penerapan model pembelajaran problem based learning, sedangkan kelas kontrol menggunakan pendekatan saintifik.

Tabel 1: Desain Penelitian “non-equivalent pretest-posttest design of control group”

Kelompok	<i>Pre-test</i>	Variabel Bebas	<i>Post-test</i>
Eksperimen	O ₁	X ₁	O ₂
Kontrol	O ₃	X ₂	O ₄

Keterangan:

X₁ = Perlakuan dengan model PBL pada kelas eksperimen.

X₂ = Perlakuan dengan pendekatan saintifik pada kelas kontrol.

O₁ = Hasil *pre-test* pada kelas eksperimen.

O₃ = Hasil *pre-test* pada kelas kontrol.

O₂ = Hasil *post-test* pada kelas eksperimen.

O₄ = Hasil *post-test* pada kelas kontrol.

2.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 2 Tambang yang beralamat di Jl. Bupati Kualu, Kec. Tambang, Kab. Kampar, Riau. Penelitian dilakukan pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026, yaitu pada bulan Agustus sampai September 2025.

2.3 Target/Subjek Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah siswa kelas XI kimia semester ganjil SMA Negeri 2 Tambang tahun ajaran 2025/2026 yang terdiri dari 4 kelas dengan jumlah keseluruhan 145 siswa. Sampel penelitian terdiri dari dua kelas, yaitu kelas XI.1 sebagai kelas eksperimen dan kelas XI.2 sebagai kelas kontrol. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan *cluster random sampling*. Pada kelas eksperimen diterapkan model pembelajaran *problem based learning*, sedangkan pada kelas kontrol diterapkan pendekatan saintifik.

2.4 Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua variabel yaitu variabel *independent* dan variabel *dependent*. Variabel *independent* berupa penerapan model pembelajaran *problem based learning*, sedangkan variabel *dependent* berupa kemampuan berpikir kritis siswa.

2.5 Prosedur

Prosedur penelitian diawali dengan menentukan populasi dan sampel penelitian. Sampel ditetapkan menggunakan teknik *cluster random sampling*, sehingga diperoleh kelas XI.1 sebagai kelas eksperimen dan kelas XI.2 sebagai kelas kontrol. Selanjutnya, kedua kelas diberikan soal *pretest* untuk mengetahui kemampuan awal siswa sebelum diberikan perlakuan. Tahap berikutnya adalah pelaksanaan pembelajaran. Pada kelas eksperimen diterapkan model pembelajaran *problem based learning* dengan 5 tahapan, yaitu mengorientasikan siswa pada masalah, mengelompokkan siswa untuk belajar, membimbing penelitian individu maupun kelompok, mengembangkan dan menyajikan hasil karya, menganalisis dan menilai kegiatan pemecahan masalah. Pada kelas kontrol diterapkan pendekatan saintifik dengan 5 tahapan, yaitu mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi, dan mengkomunikasikan. Proses pembelajaran dilakukan sebanyak 3 kali pertemuan dengan materi berupa kestabilan unsur, pembentukan ikatan ion dan ikatan kovalen, perbedaan ikatan ion dan ikatan kovalen, kepolaran senyawa kovalen, gaya interaksi antar molekul, ikatan logam, menentukan bentuk molekul dengan menggunakan teori VSEPR atau teori domain elektron dan teori hibridisasi, serta sifat fisik ikatan ion, ikatan kovalen, dan ikatan logam. Selama proses pembelajaran berlangsung, dilakukan observasi keterlaksanaan pembelajaran pada kelas eksperimen menggunakan lembar observasi guru untuk memastikan pelaksanaan pembelajaran sesuai dengan sintaks yang telah dirancang. Setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai, siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol diberikan soal *posttest* untuk mengetahui perubahan kemampuan berpikir kritis siswa setelah perlakuan. Data yang diperoleh kemudian dikumpulkan, diolah, dan dianalisis menggunakan teknik statistik untuk menarik kesimpulan penelitian.

2.6 Data, Instrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data kuantitatif yang diperoleh dari hasil tes kemampuan berpikir kritis siswa sebelum dan sesudah perlakuan pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Selain itu, data pendukung diperoleh melalui observasi keterlaksanaan pembelajaran pada kelas eksperimen. Instrumen penelitian yang digunakan terdiri dari instrumen tes dan non-tes. Instrumen utama berupa soal *essay* kemampuan berpikir kritis siswa sebanyak 9 soal yang disusun berdasarkan indikator berpikir kritis interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi. Instrumen telah melalui uji validitas isi oleh ahli, validitas empiris, reliabilitas, tingkat kesukaran dan daya pembeda sebelum digunakan dalam penelitian. Soal *essay* digunakan untuk mengukur kemampuan awal siswa sebelum mempelajari materi ikatan kimia dan sesudah perlakuan diberikan. Instrumen non-tes adalah lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, yang digunakan untuk menilai pelaksanaan model pembelajaran *problem based learning* pada kelas eksperimen. Observasi dilakukan oleh teman sejawat selama proses pembelajaran berlangsung. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui tes, observasi, dan dokumentasi. Tes digunakan untuk memperoleh data kemampuan berpikir kritis siswa, observasi digunakan untuk memperoleh data keterlaksanaan pembelajaran, sedangkan dokumentasi digunakan untuk melengkapi data berupa informasi sekolah dan data pendukung penelitian.

2.7 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan analisis statistik untuk menguji hipotesis penelitian. Data yang diperoleh dari tes kemampuan berpikir kritis siswa dianalisis menggunakan bantuan program SPSS Statistics versi 22. Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, terlebih dahulu dilakukan uji prasyarat analisis yang meliputi uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas dilakukan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*, sedangkan uji homogenitas dilakukan menggunakan *Levene's Test* dengan taraf signifikansi 0,05. Setelah data memenuhi prasyarat, pengujian hipotesis dilakukan menggunakan *Independent Sample T-Test* untuk mengetahui adanya perbedaan kemampuan berpikir kritis siswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kriteria pengambilan keputusan ditentukan berdasarkan nilai signifikansi (Sig.) dengan ketentuan jika Sig. < 0,05, maka hipotesis alternatif (H_a) diterima dan hipotesis nol (H_0) ditolak, sedangkan jika Sig. $\geq$ 0,05, maka hipotesis nol (H_0) diterima dan hipotesis alternatif (H_a) ditolak. Kemudian dilakukan analisis N-Gain untuk melihat efektivitas pembelajaran dalam meningkatkan kemampuan

berpikir kritis siswa dan analisis koefisien determinasi untuk melihat berapa besar pengaruh model pembelajaran *problem based learning* terhadap kemampuan berpikir kritis siswa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Homogenitas Sampel Kelas

Berdasarkan hasil uji homogenitas awal, diperoleh dua kelas yang memiliki varians data yang homogen, yaitu kelas XI.1 dan XI.2. Selanjutnya, kedua kelas tersebut ditetapkan sebagai sampel penelitian, dengan kelas XI.1 sebagai kelas eksperimen dan kelas X.2 sebagai kelas kontrol. Berikut disajikan tabel hasil uji homogenitas:

Tabel 2: Uji Homogenitas Sampel Menggunakan Uji Levene

<i>Test of Homogeneity of Variances</i>			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
0,069	1	69	0,794

Berdasarkan hasil uji homogenitas terhadap nilai ulangan harian materi struktur atom pada kelas XI.1 sampai dengan XI.3, terdapat sepasang kelas yang homogen, yaitu kelas XI.1 dan kelas XI.2 yang ditetapkan sebagai sampel penelitian karena memiliki nilai signifikansi yang lebih besar dari 0,05. Oleh karena itu, kelas XI.1 ditetapkan sebagai kelas eksperimen dan kelas XI.2 sebagai kelas kontrol.

3.2 Hasil Analisis Uji Coba Instrumen Penelitian

3.2.1 Uji Validitas Tes Essay

Validitas isi bertujuan untuk melihat sejauh mana isi instrumen tersebut mewakili keseluruhan materi yang diukur. Validitas isi diperiksa oleh seorang dosen dari program studi pendidikan kimia di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang bernama Ibu ZO. Berdasarkan hasil analisis validitas isi, terdapat 1 soal yang tidak valid dari validator sebesar 6,67% dan 93,33% soal valid sebanyak 14 soal. Uji validitas empiris dalam penelitian ini dianalisis menggunakan bantuan program SPSS V.22. Adapun hasil uji validitas empiris instrumen butir soal disajikan pada tabel berikut:

Tabel 3: Rangkuman Validitas Empiris Butir Soal

No.	Kriteria	Nomor Soal	Jumlah	Persentase
1.	Valid	1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14	12	85,71%
2.	Tidak Valid	3, 4	2	14,29%
Jumlah			14	100%

Berdasarkan Tabel 3.2, terdapat 12 soal yang dinyatakan valid. Dari 12 soal yang valid, diambil 9 soal yang dijadikan instrumen dalam penelitian ini.

3.2.2 Reliabilitas

Uji reliabilitas dilakukan guna mengetahui soal dapat dipercaya atau tidak. Uji ini dilakukan dengan bantuan program SPSS V.22, sebagaimana disajikan pada tabel:

Tabel 4: Hasil Uji Reliabilitas *Reliability Statistics*

Cronbach's Alpha	N of Items
0,788	14

Berdasarkan hasil uji reliabilitas soal yang dianalisis menggunakan bantuan program SPSS V.22, didapatkan hasil sebesar 0,788 yang termasuk dalam kriteria reliabilitas tinggi.

3.2.3 Tingkat Kesukaran

Tingkat kesukaran merupakan proporsi siswa yang mampu menjawab suatu butir soal dengan benar. Pengukuran ini bertujuan untuk mengklasifikasikan soal ke dalam kategori mudah, sedang, atau sulit. Hasil analisis tingkat kesukaran soal dirangkum dalam tabel berikut:

Tabel 5: Rangkuman Tingkat Kesukaran Soal

No.	Kriteria	Nomor Soal	Jumlah	Persentase
1.	Sukar	8, 10	2	14,29%
2.	Sedang	1, 2, 5, 6, 7, 9, 11, 12,	12	85,71%
Jumlah			14	100%

Berdasarkan hasil analisis tabel 3.4, diperoleh hasil sebanyak 85,71% butir soal berada pada kategori tingkat kesukaran sedang dan 14,29% butir soal termasuk dalam kategori sukar.

3.2.4 Daya Pembeda

Daya pembeda merupakan kapasitas sebuah butir soal dalam membedakan siswa yang berkemampuan tinggi dengan siswa yang berkemampuan rendah. Analisis ini bertujuan untuk menentukan kategori soal, termasuk dalam pembeda jelek sampai baik sekali. Perhitungan daya pembeda ini dilakukan dengan menggunakan program SPSS V.22 dan disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 6: Rangkuman Daya Pembeda Soal

No.	Kriteria	Nomor Soal	Jumlah	Persentase
1.	Jelek	4	1	7,14%
2.	Cukup	1, 3, 5, 6, 7, 8	6	42,86%
3.	Baik	2, 9, 10, 11, 12, 13, 14	7	50%
Jumlah			14	100%

Berdasarkan hasil analisis tabel 3.5, maka didapatkan hasil daya pembeda soal dengan 7,14% soal kriteria jelek, 42,86% soal kriteria cukup, 50% soal kriteria baik.

3.3 Uji Prasyarat

3.3.1 Uji Normalitas

Uji normalitas berguna untuk mengetahui data berasal dari populasi yang terdistribusi normal atau tidak. Metode yang digunakan dalam uji ini adalah uji *Kolmogorov-Smirnov*. Uji normalitas dilakukan terhadap data skor *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Berikut di sajikan data uji normalitas *pretest* untuk kedua kelas:

Tabel 7: Hasil Uji Normalitas *Pretest*

<i>Tests of Normality</i>				
Kelas		<i>Kolmogorov-Smirnov</i>		
		<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>
Hasil	<i>Pretest</i> Kelas Kontrol	0,146	35	0,055
	<i>Pretest</i> Kelas Eksperimen	0,128	36	0,145

Berdasarkan hasil uji normalitas pada tabel di atas, diperoleh nilai signifikansi (*Sig.*) untuk seluruh kelompok data lebih besar dari 0,05. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data kedua kelas berdistribusi normal. Selanjutnya, disajikan hasil uji normalitas untuk data *posttest* pada tabel berikut:

Tabel 8: Hasil Uji Normalitas *Posttest*

<i>Tests of Normality</i>				
Kelas		<i>Kolmogorov-Smirnov</i>		
		<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>
Hasil	<i>Posttest</i> Kelas Kontrol	0,148	35	0,051
	<i>Posttest</i> Kelas Eksperimen	0,098	36	0,200*

Berdasarkan hasil uji normalitas data *posttest*, diperoleh nilai signifikan (*Sig.*) yang lebih besar dari 0,05 pada kedua kelas. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kedua kelas terdistribusi normal.

3.2.2 Uji Homogenitas

Uji homogenitas diterapkan guna mengetahui varians antara dua sampel bersifat homogen atau tidak. Uji homogenitas dilakukan pada data nilai *pretest* dan *posttest* kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hasil analisis data *pretest* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 9: Hasil Uji Homogenitas *Pretest* ()

<i>Tests of Homogeneity of Variances</i>			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,805	1	69	0,098

Berdasarkan hasil uji homogenitas diperoleh nilai signifikansi (*Sig*) sebesar $0,098 > 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa varians antara kelas eksperimen dan kelas kontrol pada nilai *pretest* memiliki varians yang homogen, sehingga asumsi homogenitas varians terpenuhi. Selanjutnya, hasil uji homogenitas untuk data *posttest* pada tabel berikut:

Tabel 10: Hasil Uji Homogenitas *Posttest*

<i>Tests of Homogeneity of Variances</i>			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,628	1	69	0,206

Berdasarkan hasil uji homogenitas *posttest* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol, didapatkan nilai signifikansi (*Sig.*) 0,206. Nilai tersebut lebih besar dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa data *posttest* bersifat homogen.

3.4 Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Ikatan Kimia

Penelitian ini memfokuskan pengukuran kemampuan berpikir kritis pada empat indikator, yaitu: interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi. Persentase pencapaian masing-masing indikator kemampuan berpikir kritis dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 11: Persentase Indikator Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

No.	Indikator Kemampuan Berpikir Kritis	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
1.	Interpretasi	90,97%	78,92%
2.	Analisis	79,62%	71,19%
3.	Evaluasi	85,41%	72,85%
4.	Inferensi	72,22%	55,95%

Berdasarkan pada tabel diatas, persentase indikator kemampuan berpikir kritis siswa dengan model *problem based learning* yaitu: indikator interpretasi sebesar 90,97% untuk kelas eksperimen dan 78,92% untuk kelas kontrol, indikator analisis sebesar 79,62% untuk kelas eksperimen dan 71,19% untuk kelas kontrol, indikator evaluasi sebesar 85,41% untuk kelas eksperimen dan 72,85% untuk kelas kontrol, dan indikator inferensi sebesar 72,22% untuk kelas eksperimen dan 55,95% untuk kelas kontrol.

3.5 Pengujian Hipotesis Penelitian

3.5.1 Uji-t

Uji-t pada penelitian ini dilakukan terhadap nilai *posttest* siswa melalui metode *independent sample t-test* berbantuan program SPSS V.22. Pengujian ini diterapkan untuk mengetahui perbedaan rata-rata antara dua kelompok sampel yang bersifat independen. Hasil perhitungan uji-t dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 12: Uji-t Data *Posttest* Kedua Kelas Sampel

		<i>Levene's Test for Equality of Variances</i>		<i>t-test for Equality of Means</i>		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
Hasil	<i>Equal variances assumed</i>	0,850	0,360	-5,838	69	0,000
	<i>Equal variances not assumed</i>			-5,849	68,152	0,000

Kriteria penerimaan hipotesis dalam penelitian ini adalah H_a diterima dan H_0 ditolak apabila $t_{hitung} > t_{tabel}$. Perhitungan uji-t dilakukan berbantuan aplikasi SPSS V.22 dengan dasar pengambilan keputusan berdasarkan nilai signifikansi. Jika nilai Sig. (2-tailed) $< 0,05$ maka H_a diterima dan H_0 ditolak, sebaliknya jika nilai Sig. (2-tailed) $> 0,05$ maka H_a ditolak dan H_0 diterima. Berdasarkan tabel diatas, didapatkan nilai Sig. (2-tailed) 0,000, dimana nilai ini lebih kecil dari 0,05 yang menandakan H_a diterima dan H_0 ditolak. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa rata-rata kemampuan berpikir kritis siswa yang belajar dengan model *problem based learning* pada materi ikatan kimia lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang belajar menggunakan pendekatan saintifik. Temuan ini membuktikan adanya perbedaan signifikan antara kemampuan berpikir kritis siswa yang diajar dengan model *problem based learning* dan yang diajar dengan pendekatan saintifik pada materi ikatan kimia.

3.5.2 Analisis N-Gain

Analisis N-Gain digunakan untuk melihat efektivitas model pembelajaran dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Berikut hasil analisis N-Gain pada kelas eksperimen dengan bantuan aplikasi SPSS V.22:

Tabel 13: Hasil Analisis N-Gain Kelas Eksperimen

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
N-Gain Score	36	0,54	0,93	0,7672	0,11095
N-Gain Persen	36	53,60	92,80	76,7192	11,09478
Valid N (listwise)	36				

Berdasarkan hasil analisis N-Gain pada kelas eksperimen didapatkan N-Gain sebesar 76,7192 atau 76,71% yang termasuk ke dalam kategori efektif. Hal ini menandakan bahwa penerapan model pembelajaran *problem based learning* efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Berikut hasil analisis N-Gain pada kelas kontrol dengan bantuan aplikasi SPSS V.22:

Tabel 14: Hasil Analisis N-Gain Kelas Kontrol

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
N-Gain Score	35	0,48	0,89	0,6477	0,08704
N-Gain Persen	35	48,26	88,50	64,7714	8,70361
Valid N (listwise)	35				

Berdasarkan hasil analisis N-Gain pada kelas kontrol didapatkan N-Gain sebesar 64,7714 atau 64,77% yang termasuk ke dalam kategori cukup efektif. Hal ini menandakan bahwa penerapan pendekatan saintifik cukup efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

3.5.3 Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi digunakan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh model pembelajaran *problem based learning* terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi ikatan kimia. Nilai koefisien determinasi (r^2) = 0, berarti model *problem based learning* tidak memberikan pengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik. Sebaliknya, nilai $r^2 = 1$, maka kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi ikatan kimia sepenuhnya dipengaruhi oleh penerapan model *problem based learning*. Berdasarkan hasil uji koefisien determinasi yang dianalisis dengan bantuan aplikasi SPSS V.22, diperoleh nilai R Square (r^2) seperti yang disajikan pada tabel IV.13 berikut:

Tabel 15: Hasil Uji Koefisien Determinasi

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,342 ^a	0,117	0,90	8,942

Tahap berikutnya untuk mengetahui besarnya pengaruh model pembelajaran *problem based learning* terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi ikatan kimia dilakukan dengan menghitung koefisien determinasi dengan rumus : $K_p = r^2 \times 100\%$, maka $K_p = 0,117 \times 100\% = 11,7\%$. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan model *problem based learning* memiliki pengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada materi ikatan kimia sebesar 11,7%.

3.6 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran *problem based learning* memberikan pengaruh signifikan terhadap pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi ikatan kimia di SMA Negeri 2 Tambang. Sebelum perlakuan diberikan, rata-rata skor *pretest* kelas eksperimen sebesar 15,6 dan kelas kontrol sebesar 10,4. Perbedaan nilai awal kedua kelas relatif tidak terlalu besar, sehingga kemampuan awal kedua kelas dikatakan relatif sama. Hasil uji homogenitas juga menunjukkan kedua kelompok berasal dari populasi yang sama atau homogen, sehingga apabila terdapat perbedaan hasil *posttest* yang diperoleh dapat dikaitkan dengan perlakuan yang diberikan. Setelah pembelajaran dilaksanakan, rata-rata skor *posttest* pada kelas eksperimen mencapai 80,4, sedangkan pada kelas kontrol sebesar 68,3. Hasil uji *Independent Sample T-Test* juga menunjukkan nilai Sig. $0,000 < 0,05$ yang berarti terdapat perbedaan kemampuan berpikir kritis yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah perlakuan diberikan.

Kegiatan pembelajaran dengan menggunakan model *problem based learning* terdiri dari 5 tahapan, yaitu: 1) mengorientasikan siswa pada masalah, 2) mengorganisasikan siswa untuk belajar, 3) membimbing penyelidikan individu maupun kelompok, 4) mengembangkan dan menyajikan hasil karya, 5) mengevaluasi dan menilai kegiatan pemecahan masalah. Tahap pertama adalah mengorientasikan siswa pada masalah, yaitu siswa diberikan suatu permasalahan yang perlu dipahami dan dianalisis. Pada tahap ini, siswa diarahkan untuk mengidentifikasi serta memahami inti permasalahan yang disajikan. Tahap kedua adalah mengorganisasikan siswa untuk belajar. Pada tahap ini, siswa melakukan diskusi kelompok mengenai permasalahan yang diberikan, kemudian dituangkan dalam bentuk pertanyaan. Setelah itu, siswa diminta menyusun hipotesis atau jawaban sementara terhadap pertanyaan yang telah dirumuskan.

Tahap ketiga adalah membimbing penyelidikan individu maupun kelompok. Pada tahap ini, guru berperan sebagai pembimbing yang mengarahkan siswa dalam kegiatan diskusi kelompok, seperti ketika siswa mencari dan mengumpulkan informasi untuk menyelesaikan permasalahan yang terdapat pada LKPD. Siswa saling bertukar pendapat dan informasi di dalam kelompoknya untuk menemukan jawaban atas pertanyaan yang disajikan pada LKPD. Tahap keempat adalah mengembangkan dan menyajikan hasil karya. Setelah seluruh pertanyaan pada LKPD selesai dikerjakan, perwakilan kelompok diminta untuk mempresentasikan hasil diskusinya di depan kelas, sedangkan kelompok lain bertindak sebagai peserta diskusi yang memberikan tanggapan. Pada kegiatan ini, guru juga memberikan umpan balik berupa kritik, saran maupun masukan terhadap hasil presentasi kelompok. Tahap kelima adalah mengevaluasi dan menilai kegiatan pemecahan masalah. Pada tahap ini siswa melakukan refleksi atau evaluasi terhadap proses pemecahan masalah yang telah dilakukan dengan bimbingan guru.

Berdasarkan pembahasan mengenai tahapan model pembelajaran *problem based learning*, dapat diketahui bahwa selama proses pembelajaran siswa telah menunjukkan keaktifan, baik dalam kegiatan bertanya maupun berdiskusi. Siswa mampu mengidentifikasi permasalahan, menemukan solusi, serta melakukan analisis dan evaluasi terhadap proses pembelajaran. Hasil tersebut sejalan dengan pendapat (Wandani *et al.*, 2025), yang menyatakan bahwa penerapan model pembelajaran *problem based learning* efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa melalui pembelajaran yang aktif, kontekstual, dan berpusat pada siswa.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa model *problem based learning* layak diterapkan karena mampu melatih siswa untuk menganalisis dan menyelesaikan permasalahan. Selain itu, penerapan model *problem based learning* dalam proses pembelajaran juga dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa. Hal ini terlihat dari adanya peningkatan persentase ketercapaian setiap indikator berpikir kritis. Indikator kemampuan berpikir kritis yang diukur pada penelitian ini menggunakan indikator berpikir kritis menurut Facione yang terdiri dari 6 indikator, yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri. Namun, pada indikator eksplanasi dan regulasi diri sulit diukur menggunakan tes, sehingga penelitian ini hanya menggunakan empat indikator, yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi yang sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Rosmasari & Supardi, 2021).

Indikator pertama yang dianalisis dalam penelitian ini adalah interpretasi. Berdasarkan data penelitian dapat dilihat persentase ketercapaian indikator interpretasi pada kelas eksperimen sebesar 90,97% lebih tinggi dibandingkan pada kelas kontrol sebesar 78,92%. Tingginya ketercapaian indikator interpretasi pada kelas eksperimen dipengaruhi oleh penerapan model pembelajaran *problem based learning*. Pada indikator ini, siswa dilatih untuk memahami permasalahan dan mengidentifikasi informasi penting yang berkaitan dengan masalah pada tahap mengorientasikan siswa pada masalah. Dalam tahap tersebut, siswa diberikan suatu permasalahan, kemudian diminta untuk menentukan inti permasalahan yang selanjutnya dirumuskan menjadi pertanyaan pada tahap mengorganisasikan siswa untuk belajar. Hasil penelitian ini sejalan dengan pendapat (Halimah *et al.*, 2023), yang menyatakan bahwa pemberian permasalahan kontekstual yang menantang dapat menumbuhkan rasa ingin tahu siswa dan mendorong pemikiran yang lebih mendalam, sehingga kemampuan berpikir kritis siswa meningkat. Sementara itu, pada kelas kontrol siswa tidak dihadapkan pada permasalahan yang harus dianalisis dan diselesaikan, sehingga nilai siswa pada indikator interpretasi cenderung lebih rendah.

Indikator kedua dari kemampuan berpikir kritis yang dianalisis dalam penelitian ini adalah indikator analisis. Persentase ketercapaian indikator analisis pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Berdasarkan data penelitian, persentase pada kelas eksperimen sebesar 79,62%, sedangkan pada kelas kontrol sebesar 71,19%. Pada indikator ini, siswa diminta untuk menganalisis permasalahan, mencari informasi, serta menganalisis sumber belajar guna menjawab pertanyaan yang berkaitan dengan penyelesaian masalah bersama kelompoknya. Hal tersebut sejalan dengan penelitian (Jumini, 2022), yang menyatakan bahwa model PBL dapat meningkatkan keaktifan dan kemampuan analisis siswa melalui kegiatan pengumpulan informasi yang relevan dan terpercaya selama proses pemecahan masalah secara kelompok. Namun, perbedaan persentase antara kelas kontrol dengan kelas eksperimen pada indikator ini tidak terlalu signifikan. Hal tersebut dikarenakan pada kelas kontrol, siswa juga melakukan kegiatan mengumpulkan informasi dan menganalisis sumber belajar yang sesuai dalam menjawab pertanyaan yang terdapat didalam LKPD pada tahap mengumpulkan data. Oleh karena itu, persentase ketercapaian kedua kelas tidak berbeda jauh karena siswa pada kedua kelas sama-sama dilatih untuk mengumpulkan informasi dan menganalisis sumber belajar.

Indikator ketiga kemampuan berpikir kritis yang dianalisis dalam penelitian ini adalah evaluasi. Persentase ketercapaian indikator evaluasi pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan pada kelas kontrol. Berdasarkan data yang diperoleh, persentase pada kelas eksperimen sebesar 85,41% dan pada kelas kontrol sebesar 72,85%. Pada indikator ini, siswa diminta untuk memilih informasi yang relevan pada tahapan membimbing penyelidikan individu maupun kelompok serta mengevaluasi argumen dari kelompok lain pada saat presentasi maupun tahap refleksi pembelajaran. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Sarwastuti & Purnomo (2023), yang menyatakan bahwa kemampuan evaluasi dapat meningkat melalui kegiatan presentasi karena siswa terlibat secara aktif dalam menilai dan mengevaluasi penyelesaian masalah yang dipaparkan oleh kelompok lain. Sementara itu, pada kelas kontrol siswa kurang aktif dalam kegiatan presentasi dan tidak terdapat tahap refleksi, sehingga siswa tidak melakukan refleksi terhadap proses pembelajaran yang telah berlangsung.

Indikator keempat kemampuan berpikir kritis yang dianalisis dalam penelitian ini adalah inferensi. Persentase ketercapaian indikator inferensi pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan pada kelas kontrol. Berdasarkan data diketahui bahwa persentase pada kelas eksperimen sebesar 72,22% dan pada kelas kontrol sebesar 55,95%. Pada indikator ini, siswa diminta untuk menarik kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan pada tahap membimbing penyelidikan individu maupun kelompok, kemudian menyampaikan kesimpulan tersebut saat kegiatan presentasi. Hasil penelitian ini sejalan dengan pendapat (Cahaya et al., 2024), yang menyatakan bahwa keterlibatan aktif siswa dalam proses penyelidikan melalui model PBL memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis, khususnya dalam menganalisis data dan menarik kesimpulan berdasarkan informasi yang akurat.

Berdasarkan nilai peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa, dapat diketahui bahwa kelas eksperimen mengalami peningkatan kemampuan berpikir kritis yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran kimia dengan menggunakan model *problem based learning* lebih efektif dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa dibandingkan dengan pembelajaran menggunakan pendekatan saintifik. Rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa pada kelas kontrol dibandingkan kelas eksperimen dipengaruhi oleh tidak adanya kegiatan diskusi kelompok yang menyebabkan siswa kurang aktif dalam proses pembelajaran, sehingga semangat belajar dan fokus siswa menjadi rendah. Selain itu, siswa pada kelas kontrol juga kurang aktif dalam mengajukan pertanyaan maupun bertukar pendapat saat kegiatan presentasi berlangsung.

Analisis N-Gain yang dilakukan pada kelas eksperimen yang diberi perlakuan model pembelajaran *problem based learning* menghasilkan nilai sebesar 76,7192 atau 76,71% yang termasuk ke dalam kategori efektif. Hal ini menandakan bahwa penerapan model pembelajaran *problem based learning* efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Analisis uji koefisien determinasi pada kelas eksperimen yang diberi perlakuan model pembelajaran *problem based learning* menghasilkan nilai r^2 sebesar 0,117 sehingga nilai K_p yang diperoleh sebesar 11,7%. Kesimpulannya ialah terdapat pengaruh model pembelajaran *problem based learning* terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi ikatan kimia sebesar 11,7%. Sementara itu, sebesar 88,3% kemampuan berpikir kritis dipengaruhi oleh faktor lain, seperti motivasi belajar, lingkungan belajar, strategi belajar mandiri, serta karakteristik siswa.

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada siswa kelas XI kimia di SMA Negeri 2 Tambang, diketahui bahwa penerapan model pembelajaran *problem based learning* memberikan pengaruh positif terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada materi ikatan kimia. Siswa yang belajar menggunakan model pembelajaran *problem based learning* menunjukkan kemampuan berpikir kritis yang lebih baik dibandingkan dengan siswa yang belajar

menggunakan pendekatan saintifik. Kontribusi model *problem based learning* terhadap kemampuan berpikir kritis sebesar 11,7%, sedangkan 88,3% sisanya dipengaruhi oleh faktor di luar model pembelajaran yang digunakan.

4.2 Saran

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi sekolah dalam menentukan model pembelajaran yang mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa. Guru dapat memanfaatkan model pembelajaran *problem based learning* sebagai salah satu alternatif pembelajaran untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa, terutama pada materi yang menuntut untuk kemampuan analisis dan pemecahan masalah. Namun, karena kontribusi model *problem based learning* dalam penelitian ini hanya sebesar 11,7%, guru perlu memperhatikan faktor lain yang memengaruhi kemampuan berpikir kritis, seperti motivasi belajar, lingkungan belajar dan karakteristik siswa.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Amini, J. N., Irwandi, D., & Bahriah, E. S. (2021). The effectiveness of problem based learning model based on ethnoscience on students' critical thinking skills. *JCER (Journal of Chemistry Education Research)*, 5(2), 77–87. <https://doi.org/10.26740/jcer.v5n2.p77-87>
- Ananda, S. F. D., & Fauziah, A. N. M. (2022). Penerapan model pembelajaran problem based learning untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. *Edusaintek: Jurnal Pendidikan, Sains, Dan Teknologi*, 9(2), 390–403. <https://doi.org/10.47668/edusaintek.v9i2.491>
- Annafy, N., Perkasa, M., Agustina, S., Mutmainnah, P. A., & Sari, E. P. (2021). Pengaruh model pembelajaran problem based learning (PBL) terhadap hasil belajar kimia siswa kelas X di SMAN 2 Kota Bima. *Jurnal Redoks: Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, 4(1), 127–137. <https://doi.org/10.33627/re.v4i1.542>
- Ariadila, S. N., Silalahi, Y. F. N., Fadiyah, F. H., Jamaludin, U., & Setiawan, S. (2023). Analisis pentingnya keterampilan berpikir kritis terhadap pembelajaran bagi siswa. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(20), 664–669. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8436970>
- Cahayu, S. A., Siburian, J., & Hamidah, A. (2024). The effect of problem based learning (PBL) model based on local wisdom to improve students' critical thinking skills. *Integrated Science Education Journal*, 5(2), 82–90. <https://doi.org/10.37251/isej.v5i2.985>
- Damayanti, D., Leny, L., & Hamid, A. (2022). Penerapan model problem based learning bervisi SETS terhadap keterampilan berpikir kritis pada materi minyak bumi kelas XI MIPA. *JCAE (Journal of Chemistry and Education)*, 6(1), 13–21. <https://doi.org/10.20527/jcae.v6i1.1600>
- Habibah, F. N., Setiadi, D., Bahri, S., & Jamaluddin, J. (2022). Pengaruh model problem based learning berbasis blended learning terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik kelas XI di SMAN 2 Mataram. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(2b), 686–692. <https://doi.org/10.29303/jipp.v7i2b.603>
- Halimah, S., Usman, H., & Maryam, S. (2023). Peningkatkan kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran IPA melalui penerapan model pembelajaran problem based learning (PBL) di sekolah dasar. *Jurnal Syntax Imperatif: Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan*, 3(6), 403–413. <https://doi.org/10.36418/syntax-imperatif.v3i6.207>
- Jumini, J. (2022). Model pembelajaran problem based learning mampu meningkatkan kemampuan analisis siswa. *Journal of Informatics and Vocational Education*, 5(3), 108–112. <https://doi.org/10.20961/joive.v5i3.70739>
- Pohan, L. A., Suyanti, R. D., Nugraha, A. W., & Maulina, J. (2023). Structure of Problem Solving in Critical Thinking Problems of Inorganic Compounds and Their Reactions. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Kimia*, 12(2), 273–282. <https://doi.org/10.23960/jppk.v12.i2.2023.27>
- Rosmasari, A. R., & Supardi, Z. A. I. (2021). Penerapan model pembelajaran problem based learning (PBL) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi usaha dan energi kelas X MIPA 4 SMAN 1 Gondang. *PENDIPA Journal of Science Education*, 5(3), 472–478. <https://doi.org/10.33369/pendipa.5.3.472-478>
- Sani, I. N., Bahar, A., & Elvinawati, E. (2020). Perbandingan model pembelajaran problem solving dan problem based learning terhadap kemampuan berpikir kritis siswa kelas XI MIA MAN 2 Kota Bengkulu. *Alotrop*, 4(2), 107–116. <https://doi.org/10.33369/atp.v4i2.13834>
- Sari, I. R., Tewa, Y., & Marhadi, M. A. (2023). Meningkatkan hasil belajar siswa pada materi ikatan kimia dengan model pembelajaran berbasis masalah. *Jurnal Pendidikan Kimia FKIP Universitas Halu Oleo*, 8(1), 14–23. <https://doi.org/10.36709/jpkim.v8i1.4>
- Sarwastuti, H. T., & Purnomo, Y. W. (2023). Pengaruh problem based learning terhadap keterampilan berpikir kritis matematika materi lingkaran. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 12(1), 473–482. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v12i1.6172>
- Sinusi, N. S. (2021). Pengaruh model problem-based learning terhadap keterampilan berpikir kritis siswa kelas XI MIA SMA Negeri 10 Gowa. *UNM Journal of Biological Education*, 5(1), 133–141. <https://doi.org/10.35580/ujbe.v5i1.31240>
- Siregar, R., Siagian, M. D., Hardianti, T., Pohan, L. A., & Suwanto. (2022). The effectiveness of worksheets based on

the scientific approach to enhance critical thinking skills. *AIP Conference Proceedings*, 2468(1), 70021. <https://doi.org/10.1063/5.0102627>

- Subro, M. H., & Fawaid, A. (2025). Penerapan pembelajaran abad 21 dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. *JIIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(6), 6344–6348. <https://doi.org/10.54371/jiip.v8i6.8243>
- Utami, R. Y., & Nurohman, S. (2025). Identifikasi kemampuan berpikir kritis IPA peserta didik SMP kelas IX pada materi struktur bumi dan perkembangannya. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran IPA Indonesia*, 15(2), 79–85. <https://doi.org/10.23887/jppii.v15i2.95655>
- Wandani, C. F., Juniarso, T., & Wardani, I. S. (2025). Pengaruh model problem based learning terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada materi perubahan wujud benda kelas IV sekolah dasar. *Indonesian Research Journal on Education*, 5(5), 65–73. <https://doi.org/10.31004/irje.v5i5.3288>
- Zahro, M., & Lutfianasari, U. (2024). Penerapan model pembelajaran problem-based learning terhadap kemampuan berpikir kritis dan aktivitas belajar peserta didik pada materi hidrolisis garam. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 18(1), 17–22. <https://doi.org/10.15294/JIPK.V18I1.45567>