

Diterima : 10 November 2025

Direvisi. : 19 Desember 2025

Online : 19 Desember 2025

Edisi : 31 Desember 2025

Penerapan Model *Problem Based Learning* untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Koloid

Abdul Kahar, Fahyuddin*, Muh. Alim Marhadi

Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Halu Oleo, Kampus Bumi Tridharma Anduonohu, Jalan H.E.A. Mokodompit, Kodya Kendari, Sulawesi Tenggara 93232

Email: : fahyuddinuhokimia@gmail.com*

Abstrak

Penelitian “Penerapan Model Problem Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Koloid di Kelas XI SMAS Hidayatullah Kendari” meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dengan penerapan model problem based learning untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi koloid di kelas XI SMAS Hidayatullah Kendari pada materi pokok koloid, mengetahui efektivitas penerapan model pembelajaran Problem Based Learning pada materi koloid, mengetahui bagaimana tanggapan siswa terhadap model pembelajaran Problem Based Learning. Metode penelitian yang digunakan adalah pre-experimental dengan desain One-Group Pretest-posttest design. Teknik pengumpulan data menggunakan pretest-posttest, lembar observasi, dan lembar angket. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil belajar siswa kelas XI SMAS Hidayatullah Kendari yang diajar dengan menggunakan model pembelajaran Problem Based Learning diperoleh nilai rata-rata 74.7 Adapun kontribusi atau besar pengaruh Problem Based Learning pada peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi Koloid di kelas XI SMAS Hidayatullah Kendari dapat dilihat dari nilai R Square pada tabel model Summary, lampiran 13, yakni sebesar 0.840 atau 84%. Dengan demikian, besarnya pengaruh model pembelajaran Problem Based Learning pada peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa sebesar 84%. Aktivitas guru pada pertemuan pertama sebesar 72,5%, pertemuan kedua meningkat menjadi 77,5%. Angket tanggapan siswa dengan menggunakan pembelajaran Problem Based Learning menunjukkan bahwa aspek motivasi siswa dengan rata-rata 89,04, aspek tanggung jawab siswa dengan rata-rata 79,14, aspek penguasaan materi siswa dengan rata-rata 84,36, dan aspek presentasi hasil diskusi siswa dengan rata-rata 43,69.

Kata kunci: model pembelajaran, *problem-based learning*, koloid

Abstract

The research "Application of Problem Based Learning Model to Improve Students' Critical Thinking Skills on Colloid Material in Class XI SMAS Hidayatullah Kendari" improves students' critical thinking skills by applying problem based learning model to improve students' critical thinking skills on colloid material in class XI SMAS Hidayatullah Kendari on the main material of colloid, knowing the effectiveness of applying Problem Based Learning model on colloid material, knowing how students respond to Problem Based Learning model. The research method used is pre-experimental with One-Group Pretest-posttest design. Data collection techniques use pretest-posttest, observation sheets, and questionnaire sheets. The results of the study show that the learning outcomes of class XI SMAS Hidayatullah Kendari students who are taught using the Problem Based Learning model obtained an average value of 74.7. The contribution or influence of Problem Based Learning on improving students' critical thinking skills

on Colloid material in class XI SMAS Hidayatullah Kendari can be seen from the R Square value in the Summary model table, appendix 13, which is 0.840 or 84%. Thus, the magnitude of the influence of the Problem Based Learning model on improving students' critical thinking skills is 84%. Teacher activity in the first meeting was 72.5%, the second meeting increased to 77.5%. The student response questionnaire using Problem Based Learning showed that the student motivation aspect had an average of 89.04, the student responsibility aspect had an average of 79.14, the student material mastery aspect had an average of 84.36, and the student presentation aspect of discussion results had an average of 43.69.

Keywords: learning model, problem-based, colloid

Pendahuluan

Berpikir secara umum didefinisikan sebagai suatu proses kognitif, suatu aktivitas mental untuk memperoleh pengetahuan (Halpern, 2013). Berpikir ternyata mampu mempersiapkan siswa berpikir pada berbagai disiplin ilmu serta dapat dipakai untuk pemenuhan kebutuhan intelektual dan pengembangan potensi peserta didik (Ennis, 2011).

Salah satu kecakapan hidup yang perlu dikembangkan melalui proses pendidikan adalah keterampilan berpikir (Mu'minah, 2021). Kemampuan seseorang untuk dapat berhasil dalam kehidupannya antara lain ditentukan oleh keterampilan berpikir, terutama dalam upaya memecahkan masalah-masalah (Sukmadinata, 2014). Berpikir kritis dalam kegiatan belajar mengajar dapat dilakukan oleh siswa yang mampu menjawab pertanyaan bagaimana dan mengapa dengan menggunakan sebuah konsep, oleh karena itu kemampuan berpikir kritis memiliki peran yang sangat penting di dalam proses pembelajaran (Facione, 2015). Keterampilan berpikir kritis, yang mencakup kemampuan untuk menganalisis, mengevaluasi, dan mensintesis informasi secara kritis menjadi kunci dalam menghadapi berbagai situasi dan masalah kompleks dalam kehidupan sehari-hari sebagaimana menurut penelitian (Halpern, 2014). Pendidikan Kimia dalam keterampilan berpikir kritis sangatlah penting dalam memahami konsep-konsep yang kompleks, seperti koloid (Juliyantika & Batubara, 2022).

Koloid adalah salah satu konsep fundamental dalam kimia yang mempelajari sifat-sifat partikel halus yang tersebar dalam medium, serta perilaku sistem koloid tersebut dalam berbagai kondisi (Hill & Petrucci, 2007). Koloid adalah sistem yang terdiri dari partikel berukuran mikroskopis yang tersebar merata dalam suatu medium, dengan ukuran partikel yang lebih besar dari molekul tetapi lebih kecil dari partikel kasar, biasanya berkisar antara 1 nm hingga 1 μ m (Mortimer, 2008). Memahami koloid memungkinkan kita untuk memprediksi sifat-sifat fisik dan kimia sistem tersebut, serta mengoptimalkan aplikasi koloid dalam berbagai bidang industri dan lingkungan (Hasan, 2020).

Siswa kelas XI IPA merupakan kelompok yang berada pada tahap penting dalam pembelajaran Kimia. Pada tingkat ini, mereka mulai diperkenalkan dengan konsep-konsep yang lebih kompleks, termasuk koloid (Rumape et al., 2023). Namun, pengajaran tradisional yang cenderung terpusat pada pemahaman konseptual seringkali tidak memberikan kesempatan yang cukup bagi siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis mereka (Sari, 2021).

Keterampilan berpikir kritis akan membedakan antara manusia dengan mesin, terlebih di era revolusi industri 4.0 yang telah banyak menggantikan peran manusia yang bersifat repetitif dengan mesin yang lebih efisien (Schwab, 2016). Upaya untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam konteks pembelajaran koloid, penelitian ini akan mengkaji penggunaan Model Pembelajaran Berbasis Masalah (*Problem-Based Learning/PBL*), model PBL menawarkan pendekatan yang aktif dan kontekstual dalam pembelajaran, dimana siswa dihadapkan pada masalah nyata yang memerlukan pemikiran kritis untuk diselesaikan (Hmelo-Silver, 2004).

Problem Based Learning (PBL) adalah model pembelajaran yang berfokus pada siswa dengan menggunakan masalah nyata sebagai titik awal untuk belajar. Dalam PBL, siswa dihadapkan pada situasi atau masalah yang kompleks, yang memerlukan mereka untuk berpikir kritis dan mengembangkan keterampilan pemecahan masalah. Model ini pertama kali diperkenalkan di McMaster University, Kanada, pada tahun 1969 dan telah diadopsi secara luas di berbagai tingkat pendidikan, mulai dari sekolah menengah

hingga perguruan tinggi. Menurut Permendikbud Ristek Nomor 53 Tahun 2023, model PBL sejalan dengan tujuan pendidikan nasional yang menekankan pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa.

Hasil observasi di SMAS Hidayatullah menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam menganalisis dan menyelesaikan masalah terkait materi Koloid. Hal ini terlihat dari rendahnya nilai rata-rata ulangan harian dan ketidakaktifan siswa dalam berdiskusi. Model *Problem Based Learning* (PBL) merupakan pendekatan yang dapat membantu siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis melalui praktik nyata dan pemecahan masalah (Savery, 2006). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi efektivitas PBL dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa kelas XI di SMAS Hidayatullah Kendari pada materi koloid.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diidentifikasi apakah penerapan model PBL dapat efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa kelas XI di SMAS Hidayatullah Kendari pada materi koloid. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pembelajaran dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis melalui konteks pembelajaran koloid dengan menggunakan model PBL.

Metode

Penelitian ini dilakukan pada siswa kelas XI SMAS Hidayatullah Kendari. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif dengan Desain One Group Pretest-Posttest. Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Design One Group Pretest-Posttest Design (Sugiyono, 2012)

Pretest	Perlakuan	Posttest
O ₁	X	O ₂

Keterangan :

O₁ = Nilai pretest sebelum diberi perlakuan (treatment)

O₂ = Nilai posttest setelah mendapat perlakuan (treatment)

X = Pembelajaran menggunakan metode praktikum dalam pembelajaran PBL

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan tiga metode, yaitu:

a. Tes

Pre-test diberikan sebelum pembelajaran dimulai untuk mengetahui tingkat keterampilan berpikir kritis siswa. Post-test diberikan setelah penerapan metode PBL untuk mengukur peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa. Perbaikan dilakukan berdasarkan saran dan komentar dari validator. Hasil revisi yaitu perangkat pembelajaran dan instrumen pengambilan data yang layak digunakan.

b. Observasi

Observasi dilakukan selama proses pembelajaran dengan metode PBL untuk menilai aktivitas dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran.

c. Angket Respon Siswa

Angket dimaksudkan untuk mengetahui tanggapan atau respon siswa terhadap pembelajaran menggunakan Model Pembelajaran *Project Based Learning* termasuk kesulitan-kesulitan yang dialami siswa. Setiap siswa diminta untuk menjawab pertanyaan dengan jawaban; Sangat Setuju (SS), Setuju (S), Tidak Setuju (TS) dan Sangat Tidak Setuju (STS). Pemberian skor dikaitkan dengan nilai; Sangat Setuju (SS) = 4, Setuju (S) = 3, Tidak Setuju (TS) = 2, dan Sangat Tidak Setuju (STS) = 1

Teknik Analisis Data

Data yang terkumpul dalam penelitian ini dianalisis dengan menggunakan statistika deskriptif dan statistika inferensial.

a. Statistika deskriptif

Statistik deskriptif dilakukan dengan mendeskripsikan dua Langkah yakni: menentukan hasil belajar

$$Xi = \frac{SPi}{Sm} \times 100$$

Keterangan:

Xi = nilai yang diperoleh siswa ke- i

SPi = skor yang diperoleh siswa ke- i

Sm = skor maksimum yang mungkin dicapai (Skor max)

nilai rata-rata hasil belajar siswa

$$\underline{x} = \frac{\sum xi}{n}$$

Keterangan:

\underline{x} = mean (rata-rata)

$$\begin{aligned} \sum xi &= \text{jumlah data ke } - i \\ n &= \text{banyak data} \end{aligned}$$

b. Penskoran Pretest-Posttest

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui apakah hasil belajar siswa meningkat. Dengan menggunakan rumus :

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah jawaban benar}}{\text{Jumlah total soal}} \times 100$$

c. Standar Deviasi

Standar deviasi merupakan suatu ukuran yang menggambarkan tingkat penyebaran data dari nilai rata-rata. Rumus yang digunakan yakni:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x)^2}{n - 1}}$$

Keterangan:

X = nilai rata-rata

N = jumlah banyaknya data

S = standar deviasi sampel

d. Menghitung N-Gain

Kategorisasi terhadap nilai redoks gain yang diperoleh siswa dilakukan untuk mengetahui tingkat keefektifan model pembelajaran yang telah dilaksanakan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$N - g = \frac{\text{skor postes} - \text{skor pretes}}{\text{skor ideal} - \text{skor pretes}}$$

e. Presentasi Aktivitas Siswa dan Mengajar Guru

Analisis lembar observasi untuk mengetahui aktivitas belajar siswa di dalam kelas dianalisis menggunakan analisis persentase. Persentase tersebut kemudian diinterpretasikan berdasarkan tabel 2 dibawah ini dengan menggunakan rumus:

$$P(\%) = \frac{\text{Jumlah skor hasil observasi}}{\text{Jumlah skor maksimal}} \times 100\%$$

Tabel 2 interpretasi Keterlaksanaan pembelajaran

Persentase Keterlaksanaan Pembelajaran	Kriteria
0,0% - 24,9%	Sangat Kurang
25% - 49,9%	Kurang
50% - 74,9%	Sedang
75% - 100%	Baik

f. Data Angket Tanggapan Siswa

Pengolahan data angket dilakukan dengan menggunakan skala Likert. Penentuan bobot dilakukan dengan cara untuk pernyataan positif ialah 4 untuk sangat setuju (SS), 3 untuk setuju (S), 2 untuk tidak setuju (TS) dan 1 untuk sangat tidak setuju (STS). Untuk pernyataan negatif ialah 4 untuk sangat setuju (SS), 3 untuk setuju (S), 2 untuk tidak setuju (TS) dan 1 untuk sangat tidak setuju (STS). Data angket tanggapan siswa terhadap pembelajaran kemudian dianalisis dengan rumus :

$$P = \frac{F}{N} \times 100 \% \text{ (Sudjana,2002)}$$

Keterangan :

P : Persentase jawaban responden

F : Jumlah jawaban responden

N : Jumlah responden

Adapun kriteria persentase respon siswa ada pada Tabel 3.

Tabel 3 Kriteria persentase respon siswa (Arikunto, 2010)

Angka	Keterangan
$0\% \leq P \leq 20\%$	Kurang sekali
$21\% \leq P \leq 40\%$	Kurang
$41\% \leq P \leq 60\%$	Cukup
$61\% \leq P \leq 80\%$	Baik
$81\% \leq P \leq 100\%$	Baik sekali

g. Uji Hipotesis

Kaidah keputusan menggunakan taraf signifikan (α) 0,05 adalah sebagai berikut:

1. Jika nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, maka terima H_0 Artinya Penerapan model *Problem Based Learning* tidak berpengaruh signifikan terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi koloid di kelas XI SMAS Hidayatullah Kendari.
2. Jika nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 maka tolak H_0 Artinya terima H_1 Penerapan model *Problem Based Learning* berpengaruh signifikan terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi koloid di kelas XI SMAS Hidayatullah Kendari.

Hasil dan Pembahasan

Deskripsi Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sebelum PBL

Deskripsi hasil belajar siswa yang menggambarkan kemampuan berpikir kritis siswa dapat dilihat pada hasil pretest pada tabel dibawah ini:

Tabel 4 Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sebelum PBL

No	Nilai Siswa	Jumlah	Kategori	Persen (%)
1.	81-100	0	Sangat baik	0
2.	61-80	1	Baik	4,17
3.	41-60	2	Cukup	8,33
4.	21-40	17	Kurang	70,83
5.	0-20	4	Sangat kurang	16,67
Jumlah		24	-	100

Berdasarkan Tabel 4 menggambarkan bahwa Hasil pretest memperlihatkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa sebelum diterapkannya model *Problem Based Learning* (PBL) sebagian besar masih berada pada kategori rendah. Dari total 24 siswa, mayoritas atau sekitar 70,83% (17 orang) termasuk dalam kategori kurang, sedangkan 16,67% (4 orang) berada pada kategori sangat kurang. Sementara itu, hanya 8,33% (2 orang) yang mampu mencapai kategori cukup, dan 4,17% (1 orang) yang berada pada kategori baik. Tidak ada satupun siswa yang mencapai kategori sangat baik (0%).

Distribusi data ini menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa masih jauh dari optimal. Mayoritas siswa masih mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi masalah, mengevaluasi informasi, maupun menarik kesimpulan yang logis. Kondisi ini sesuai dengan pandangan Ennis (2011) bahwa berpikir kritis bukanlah kemampuan bawaan, melainkan keterampilan yang perlu dikembangkan melalui pengalaman belajar yang sistematis. Hassan (2025) juga menegaskan bahwa rendahnya kualitas berpikir kritis siswa seringkali dipengaruhi oleh pembelajaran yang masih berorientasi pada hafalan, bukan pemecahan masalah. Lebih lanjut, Facione (2015) menekankan bahwa berpikir kritis mencakup keterampilan menganalisis, mengevaluasi, dan membuat kesimpulan, sehingga diperlukan pendekatan pembelajaran yang memberi ruang bagi siswa untuk berlatih secara aktif.

Dengan demikian, berdasarkan hasil pretest yang menunjukkan dominasi kategori kurang (70,83%), penerapan PBL dipandang penting karena model ini menekankan pada proses problem solving, diskusi, dan pengambilan keputusan. Melalui langkah-langkah tersebut, siswa diharapkan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis yang pada awalnya masih didominasi oleh kategori rendah.

Deskripsi Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Setelah PBL

Deskripsi hasil belajar siswa yang menggambarkan kemampuan berpikir kritis siswa dapat dilihat pada hasil pretest pada tabel Tabel 5.

Tabel 5 Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Setelah PBL

No	Nilai Siswa	Jumlah	Kategori	Persen (%)
1.	81-100	6	Sangat baik	25
2.	61-80	15	Baik	62,5
3.	41-60	3	Cukup	12,2
4.	21-40	0	Kurang	0
5.	0-20	0	Sangat kurang	0
Jumlah		24	-	100

Berdasarkan **Tabel 5** menggambarkan bahwa terdapat 6 siswa yang memperoleh nilai 81–100 dengan kategori sangat baik (25%); terdapat 15 orang siswa yang memperoleh nilai 61–80 dengan kategori baik (62,5%); terdapat 3 orang siswa pada rentang 41–60 dengan kategori cukup (12,2%); tidak ada siswa yang memperoleh nilai 21-40 dan nilai 0-20 dengan kategori kurang dan kategori sangat kurang. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa ada peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa setelah diterapkan model PBL.

Respon Siswa Melalui Pembelajaran PBL

Berdasarkan hasil analisis respon siswa dapat disimpulkan bahwa penerapan model pembelajaran *Problem Based Learning* pada materi koloid dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Siswa menyukai pembelajaran dengan menggunakan model *Problem Based Learning* karena lebih menyenangkan, menarik, dan dapat membuat siswa lebih mudah mendapatkan manfaat yang dipelajari, hal ini dapat dilihat terhadap masing-masing indikator yang terdapat dalam angket yang diisi oleh siswa bahwa pembelajaran dengan menggunakan *Problem Based Learning* dapat membuat rasa ingin tahu siswa yang tinggi, motivasi siswa dalam belajar, keberanian siswa dalam bertanya dan aktif mengungkapkan pendapatnya, dan dapat meningkatkan kerjasama dalam kelompok, serta siswa lebih mudah memahami materi yang terlihat dari nilai *posttest*.

Hasil Uji Hipotesis

Penerapan model *Problem Based Learning* (PBL) berpengaruh signifikan terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi Koloid di kelas XI SMAS Hidayatullah Kendari. Dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Uji Statistik

Model	Jumlah Kuadrat	f	Kuadrat Rata-rata	F	Tanda tangan.
1 Regresi	111.283	1	111.283	115.391	.000 ^a
Sisa	21.217	22	.964		
Total	132.500	23			

Tabel 4.5 menjelaskan bahwa nilai Sig. 0.00 < 0.05, dengan demikian H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hal ini berarti bahwa penerapan model *Problem Based Learning* (PBL) berpengaruh signifikan terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi Koloid di kelas XI SMAS Hidayatullah Kendari. Adapun kontribusi atau besar pengaruh PBL pada peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi Koloid di kelas XI SMAS Hidayatullah Kendari

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis deskriptif, dapat disimpulkan bahwa: 1) Hasil belajar kimia siswa yang diajar dengan model *Problem Based Learning* (PBL) pada materi pokok koloid siswa kelas XI SMAS Hidayatullah Kendari Tahun Ajaran 2025/2026 dikategorikan sedang dengan nilai rata-rata 75,62. 2) Penggunaan model *Problem Based Learning* (PBL) untuk membedakan materi pokok koloid efektif meningkatkan hasil belajar siswa, dengan tingkat keefektifan rata-rata sebesar 0,63 yang termasuk dalam kategori sedang. 3) Hasil analisis tanggapan siswa terhadap penerapan model *problem based Learning* (PBL) menunjukkan bahwa aspek motivasi siswa dengan rata-rata 89,04, aspek tanggung jawab siswa dengan rata-rata 79,14, aspek penguasaan materi siswa dengan rata-rata 84,36, dan aspek presentasi hasil diskusi siswa dengan rata-rata 43,69, dimana berdasarkan kriteria tanggapan siswa termasuk dalam kategori baik sekali. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penerapan model *Problem Based Learning* pada materi sistem koloid efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada materi sistem koloid.

Berdasarkan Kesimpulan, saran yang dapat disampaikan adalah bagi peneliti selanjutnya agar melakukan penelitian dengan menggunakan model *Problem Based Learning* (PBL) pada materi pembelajaran yang lainnya.

References

- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta.
- Ennis, R. H. (2011). A Taxonomy of Critical Thinking. In R. H. Ennis (Ed.), *Teaching Thinking Skills: Theory and Practice* (pp. 3–23). University of Illinois Press.
- Facione, P. A. (2015). *Critical Thinking: A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction*. The California Academic Press.
- Halpern, D. F. (2013). *Thought and Knowledge: An Introduction to Critical Thinking* (5th ed.). Psychology Press.
- Halpern, D. F. (2014). *Thought and Knowledge: An Introduction to Critical Thinking*. Psychology Press.
- Hasan, M. (Ed.). (2020). *Kinetika Kimia*. Syiah Kuala University Press.
- Hassan, B., Rafiq-uz-Zaman, M., & Khan, Z. A. (2025). Beyond Memorization: Cultivating Critical Thinking Skills through Classic Literature in Secondary Education for the 21st Century Learner. *Review of Education, Administration & Law*, 8(1), 115–124. <https://doi.org/10.47067/real.v8i1.410>
- Hill, J. W., & Petrucci, R. H. (2007). *General Chemistry: Principles and Modern Applications* (9th ed.). Pearson Education.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266.
- Juliyantika, T., & Batubara, H. H. (2022). Tren Penelitian Keterampilan Berpikir Kritis pada Jurnal Pendidikan Dasar di Indonesia. *Jurnal Basicedu*, 6(3), 4731–4744. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i3.2869>
- Mortimer, C. E. (2008). *Physical Chemistry* (6th ed.). Elsevier.
- Mu'minah, I. H. (2021). Studi Literatur: Pembelajaran Abad-21 Melalui Pendekatan Steam (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) dalam Menyongsong Era Society 5.0. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 3, 584–594.
- Rumape, O., Pomuato, S., Mohamad, E., Ischak, N. I., Salimi, Y. K., Munandar, H., & Najmah, N. (2023). Identifikasi Kemampuan Kognitif Siswa pada Materi Koloid. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 5(1), 36–44. <https://doi.org/10.34312/jjec.v5i1.13215>
- Sari, R. (2021). Pengajaran dan Pengembangan Keterampilan Berpikir Kritis dalam Kimia. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 15(2), 123–135.
- Savery, J. R. (2006). Overview of Problem-Based Learning: Definitions and Distinctions. *The Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 9–20.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sukmadinata, N. S. (2014). *Pengembangan Kurikulum: Teori dan Praktek*. Remaja Rosdakarya.

