

**DEEP LEARNING DALAM PEMBELAJARAN INKUIRI: STRATEGI EFEKTIF
DALAM MENGEMBANGKAN KEMAMPUAN BERPIKIR ABDUKTIF SISWA
SMP PADA PEMBELAJARAN IPA**

Azzah Rohadatul Aisy¹, Fasih Bintang Ilhami²

^{1,2} Universitas Negeri Surabaya

azzah.22106@mhs.unesa.ac.id , fasihilhami@unesa.ac.id ,

ABSTRACT

This study aims to analyze the effectiveness of deep learning-based inquiry learning in improving students' abductive thinking skills at SMP Negeri 2 Sidoarjo on mixed materials. This study applies a quantitative research method with a quasi-experimental type with a one-group pretest and posttest design. In this study, one group was observed as a subject that began with a pretest before learning, then given treatment in the form of the application of deep learning-based inquiry learning and ended with a posttest. The results of the study indicate that deep learning-based inquiry learning has a positive impact on improving higher-order thinking skills, in this case students' abductive thinking skills. The results of the paired t-test showed a significant difference between the pretest and posttest when before and after the implementation of deep learning-based structured inquiry learning. The effect size results on all abductive indicators also showed that the increase was in the "large" category. The highest effect size value was found in the indicator of formulating problems & determining objectives, and formulating conclusions with the "large" category. The lowest effect size value was found in the analogy indicator which was in the "small" category.

Keywords: *inquiry learning, deep learning, abductive reasoning*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pembelajaran inkuiri berbasis *deep learning* dalam meningkatkan kemampuan berpikir abduktif siswa di SMP Negeri 2 Sidoarjo pada materi campuran. Penelitian ini menerapkan metode penelitian kuantitatif dengan jenis *quasi experimental* dengan desain *one group pretest and posttest*. Dalam penelitian ini mengamati satu kelompok sebagai subjek yang diawali dengan pemberian *pretest* sebelum pembelajaran, selanjutnya diberikan perlakuan berupa penerapan pembelajaran berbasis inkuiri berbasis *deep learning* dan diakhiri dengan pemberian *posttest*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran inkuiri berbasis *deep learning* memiliki dampak positif dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, dalam hal ini kemampuan berpikir abduktif siswa. Hasil uji t-berpasangan menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara *pretest* dan *posttest* ketika sebelum dan sesudah diterapkan pembelajaran inkuiri terstruktur berbasis *deep learning*. Hasil *effect size* pada seluruh indikator abduktif juga menunjukkan bahwa peningkatan dalam kategori "besar". Nilai *effect size* tertinggi terdapat pada indikator merumuskan masalah & menentukan tujuan, serta merumuskan kesimpulan dengan kategori "besar". Nilai *effect size* terendah terdapat pada indikator analogi yang berada pada kategori "kecil".

Kata Kunci: *pembelajaran inkuiri, deep learning, berpikir abduktif*

A. Pendahuluan

Keterampilan berpikir abduktif adalah bagian penting dari kemampuan berpikir tingkat tinggi dan memiliki peran penting dalam mengembangkan penalaran ilmiah siswa. Kemampuan berpikir abduktif merupakan proses awal dan kunci dalam mengembangkan hipotesis sementara terhadap fenomena yang diamati (Belzen dkk., 2021). Penalaran abduktif merupakan penalaran dugaan, di mana pendapat atau kesimpulannya diperoleh berdasarkan informasi yang tidak lengkap, yang mana dugaan itu sendiri dicirikan sebagai pernyataan yang mungkin "benar atau salah" (Shodikin dkk., 2021). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penalaran abduktif adalah hipotesis terbaik berdasarkan pengetahuan dan bukti yang tersedia pada saat itu.

Berpikir abduktif menuntut siswa untuk mampu menempatkan hipotesis yang paling masuk akal dan didukung oleh bukti, yang merupakan aspek penting dalam berpikir kritis. Dalam pembelajaran IPA, penguasaan berpikir abduktif sangat diperlukan untuk meningkatkan penalaran ilmiah yang memungkinkan siswa untuk

lebih aktif dalam proses berpikir yang kritis, serta mampu merancang solusi inovatif berdasarkan penafsiran data (Oh & Ha, 2025). Oleh karena itu, pengembangan kemampuan berpikir abduktif mampu memperkuat keterampilan berpikir kritis siswa secara keseluruhan dan meningkatkan kompetensi siswa dalam memahami dan memecahkan masalah ilmiah secara analitis dan reflektif (Belzen dkk., 2021).

Realitas di lapangan menunjukkan bahwa siswa cenderung hanya menghafal konsep (Shodikin dkk., 2021). Tantangan pendidikan saat ini menunjukkan bahwa siswa cenderung hanya menghafal konsep tanpa memahami makna pembelajaran secara mendalam. Disamping itu, guru juga sering menggunakan metode ceramah dan masih berpusat pada guru (*teacher center*), sehingga kelas menjadi pasif dan ruang bagi siswa untuk mengembangkan berpikir abduktif dan keterampilan kognitif lainnya menjadi sangat terbatas (Herlinawati dkk., 2024). Rendahnya kemampuan berpikir abduktif ini juga disebabkan oleh kurangnya kesempatan siswa untuk mengeksplorasi dan mencari

makna dalam pembelajaran (Shodikin dkk., 2021). Hal ini diperkuat dengan hasil data pra-penelitian oleh peneliti yang menunjukkan bahwa sebanyak 52% siswa kelas VIII-B di SMP Negeri 2 Sidoarjo memiliki nilai dari tes abduktif siswa dengan kriteria cukup yaitu 60.

Merujuk pada hasil survei PISA (*Program for International Student Assessment*) pada tahun 2022, Indonesia menduduki posisi ke-67 dari 81 negara partisipan dalam aspek kemampuan sains, dengan perolehan skor rata-rata 383 (OECD, 2023). Skor tersebut menurun 13 poin dari penilaian PISA sebelumnya pada tahun 2018 pada konteks sains, yang mencatat skor rata-rata 396 (OECD, 2019). Pada PISA tahun 2015 Indonesia berada pada peringkat ke-62 dari 72 negara dengan skor rata-rata 403 (OECD, 2016). Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kemampuan berpikir kritis siswa di Indonesia masih tergolong rendah. Hal ini diperkuat oleh Miarti dkk., (2021), yang menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa Indonesia masih relatif rendah. Hal ini berdampak pada kemampuan mereka untuk menggunakan penalaran ilmiah, termasuk penalaran abduktif. Kondisi

ini menciptakan siklus negatif di mana pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi terhambat oleh rendahnya motivasi belajar. Pada gilirannya, motivasi belajar siswa juga semakin menurun.

Dalam konteks ini, pembelajaran inkuiri menjadi model pembelajaran yang relevan. Dalam proses pembelajaran inkuiri, guru mengajak siswa untuk lebih aktif terlibat dalam proses pembelajaran dengan menyelidiki fenomena, mengajukan pertanyaan, merumuskan hipotesis, melakukan eksperimen, menganalisis data, dan mengkomunikasikan hasil eksperimen (Kadiwone dkk., 2022).

Beberapa penelitian seperti yang dilakukan oleh Samadun dkk., (2023); Istiana dkk., (2023); dan Muhibbuddin dkk., (2023) menyebutkan bahwa pembelajaran inkuiri mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa secara signifikan. Hal ini juga sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Dunn & Ramnarain (2025), yang menunjukkan bahwa pembelajaran inkuiri sangat mendukung keterlibatan aktif siswa dan mengembangkan keterampilan berpikir abduktif siswa.

Meskipun demikian, agar pembelajaran inkuiri tidak hanya

bersifat prosedural, perlu integrasi dengan pendekatan pembelajaran mendalam (*deep learning*) yang menekankan pada pemahaman mendalam (*meaningful learning*) (Li, 2025). Pembelajaran mendalam merupakan pendekatan belajar yang menekankan pada penciptaan proses pembelajaran yang berkesadaran (*mindful*), bermakna (*meaningful*), dan menggembirakan (*joyful*) melalui olah pikir, olah hati, olah rasa, dan olah raga secara holistik dan terpadu. Pendekatan ini mendorong siswa untuk tidak hanya menghafal konsep, tetapi juga memahami relevansi dan kegunaan pengetahuan tersebut dalam konteks kehidupan nyata (Vargas-Hernández & Vargas-González, 2022). *Meaningful learning* menekankan pada pembentukan hubungan antara pengetahuan baru dan pengetahuan yang sudah ada untuk membangun jaringan pemahaman yang koheren dan tahan lama (Suyanto dkk., 2025).

Penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa pembelajaran inkuiri mampu meningkatkan kemampuan berpikir abduktif siswa. Dari penelitian Dunn & Ramnarain (2025), menunjukkan bahwa terdapat peningkatan yang

signifikan dalam kemampuan berpikir abduktif siswa SMA dengan menghasilkan hipotesis ilmiah yang akurat berdasarkan fenomena langsung. Dari penelitian ini, peneliti mencoba untuk mengkaji lebih lanjut dengan menerapkan pembelajaran inkuiri untuk meningkatkan kemampuan berpikir abduktif siswa pada jenjang SMP. Peningkatan kemampuan berpikir abduktif siswa selaras dengan peningkatan penalaran ilmiah pada pembelajaran mata pelajaran IPA.

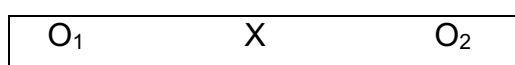
Studi Wirawan & Putri (2025), mengungkapkan bahwa *Contextual Teaching and Learning* (CTL) berbasis pembelajaran mendalam mampu meningkatkan pemahaman konsep IPA di sekolah inklusif melalui masalah kontekstual. Hal ini sejalan dengan penelitian Bhardwaj dkk., (2021) yang menegaskan bahwa pembelajaran mendalam mampu membantu keterlibatan dan motivasi siswa dalam belajar. Hal ini diperkuat oleh pernyataan permendikdasmen bahwa pendekatan *deep learning* mampu menghasilkan kualitas capaian pembelajaran yang tinggi melalui proses inkuiri (Suyanto dkk., 2025). Namun dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, belum

banyak yang mengintegrasikan pendekatan *deep learning* dalam pembelajaran inkuiri guna meningkatkan kemampuan berpikir abduktif siswa, terlebih lagi pada jenjang sekolah menengah.

Berdasarkan studi empiris tersebut, dalam penelitian ini akan membahas tentang pengaruh pembelajaran inkuiri dengan pendekatan *deep learning* mampu meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (berpikir kritis) khususnya kemampuan berpikir abduktif siswa SMP. Harapannya pembelajaran melalui pendekatan *deep learning* ini tidak hanya menghasilkan pemahaman materi secara mendalam, tetapi juga memfasilitasi ingatan siswa terhadap materi dalam waktu jangka panjang.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode penelitian kuantitatif dengan jenis *quasi experimental* dengan desain *one group pretest and posttest*. Rancangan penelitian yang digunakan sebagai berikut (Fraenkel dkk., 2012):



Keterangan:

X = perlakuan

O_1 = nilai *pretest*

O_2 = nilai *posttest*

Adapun subjek pada penelitian ini adalah seluruh siswa kelas VIII-B di SMP Negeri 2 Sidoarjo, yang dipilih berdasarkan pertimbangan tertentu yang sesuai dengan tujuan penelitian dan hasil pra-penelitian yang menunjukkan bahwa kelas tersebut memiliki masalah yang relevan dengan fokus penelitian.

Data kemampuan berpikir abduktif diperoleh dari hasil *pretest* dan *posttest* yang berisi 20 butir soal pilihan ganda yang dikembangkan sesuai indikator kemampuan berpikir abduktif. Dalam hal ini, kemampuan berpikir abduktif diukur berdasarkan indikator menurut Adair (2010), yaitu, (1) merumuskan masalah dan menentukan tujuan, (2) merumuskan hipotesis, (3) observasi dan inferensi, (4) merumuskan kesimpulan, dan (5) analogi.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Adapun hasil *pretest* dan *posttest* dianalisis dengan tiga tahapan, yaitu uji normalitas, uji T-berpasangan, serta *effect size*.

Uji normalitas digunakan sebagai uji prasyarat sebelum uji hipotesis. Mengingat jumlah subjek tidak lebih dari 50, maka uji normalitas

dilakukan dengan metode *Shapiro Wilk*. Uji normalitas dilakukan menggunakan *software* JASP (*Jeffrey's Amazing Statistics Program*) yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Uji Normalitas

<i>Test of Normality (Shapiro-Wilk)</i>			
	df	W	P
<i>Pretest</i>			
-	29	0.936	.071
<i>Posttest</i>			

Berdasarkan tabel 1, uji normalitas menunjukkan bahwa nilai $p = 0,071$. Hal ini menunjukkan bahwa data berdistribusi normal karena nilai $p > 0,05$. Maka dari itu, analisis data dilanjutkan dengan uji parametrik, yaitu uji T-berpasangan (*paired sample t-test*).

Uji T-berpasangan digunakan untuk mengetahui signifikansi dari hasil *pretest* dan *posttest* pada kemampuan berpikir abduktif. uji T-berpasangan dilakukan menggunakan *software* JASP yang disajikan dalam bentuk Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Uji T-berpasangan

<i>Paired Samples T-Test</i>				
Measure 1	Measure 2	t	df	p
<i>Pretest</i>	- <i>Posttest</i>	-6.904	29	< .001

Berdasarkan tabel 2, diperoleh nilai $p = 0,001 < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat

perbedaan yang signifikan antara *pretest* dan *posttest* ketika sebelum ($M=56,17$, $SD=14,48$) dan sesudah ($M=74,33$, $SD=9,35$) diterapkan pembelajaran inkuiri terstruktur berbasis *deep learning* dalam meningkatkan kemampuan berpikir abduktif siswa kelas VIII-B di SMPN 2 Sidoarjo pada materi campuran.

Selanjutnya data dianalisis *Effect size* untuk mengukur seberapa efektif perlakuan yang telah diberikan. Nilai *effect size* didapatkan pada *software* JASP. Adapun *output* dari JASP disajikan pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil Effect Size

Cohen's d	SE Cohen's d	95% CI for Cohen's d	
		Lower	Upper
-1.260	0.283	-1.736	-0.772

Berdasarkan tabel 3, diperoleh nilai Cohen's d sebesar $1,260 > 0,8$. Maka dapat diinterpretasikan bahwa *effect size* termasuk kategori "besar". Hal ini mengindikasikan bahwa pembelajaran inkuiri berbasis *deep learning* tidak hanya menghasilkan perbedaan statistik yang signifikan, tetapi juga memiliki pengaruh yang besar untuk meningkatkan kemampuan berpikir abduktif siswa. Temuan serupa juga ditemukan oleh Salam dkk., (2026) yang menyatakan bahwa pembelajaran inkuiri dengan

pendekatan *deep learning* dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan prestasi akademik siswa.

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pembelajaran inkuiri pada setiap indikator kemampuan berpikir abduktif, maka dilakukan uji *effect size* pada setiap indikator.

Tabel 4 Hasil Effect Size Per-Indikator

Indikator	Effect Size	Kategori
Merumuskan masalah dan menentukan tujuan	0,832	Besar
Merumuskan hipotesis	0,533	Sedang
Observasi dan inferensi	0,601	Sedang
Merumuskan kesimpulan	0,830	Besar
Analogi	0,248	Kecil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *effect size* tertinggi terdapat pada indikator merumuskan masalah & menentukan tujuan, serta merumuskan kesimpulan dengan nilai *effect size* masing-masing sebesar 0,832 dan 0,830 dengan kategori "besar", diikuti oleh indikator merumuskan hipotesis, serta observasi & inferensi dengan nilai sebesar 0,408 dan 0,601 dengan kategori "sedang".

Sementara itu, nilai *effect size* terendah dengan nilai sebesar 0,248 terdapat pada indikator analogi yang berada pada kategori "kecil". Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan

kemampuan analogi siswa masih relatif lebih rendah dibandingkan dengan indikator lainnya. Secara kognitif, kemampuan analogi merupakan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang tidak hanya menuntut pemahaman konsep, tetapi juga kemampuan untuk mengidentifikasi kesamaan prinsip atau mekanisme materi pada dua situasi berbeda (Cuccio, 2026). Proses ini lebih kompleks dibandingkan indikator abduktif lain yang hanya sekedar merumuskan masalah atau menarik kesimpulan berdasarkan data. Dalam proses pembelajaran, kegiatan inkuiri berfokus pada proses perumusan hipotesis, pengumpulan data, dan penarikan kesimpulan, sehingga pengembangan kemampuan analogi belum terasah secara optimal. Oleh karena itu, tanpa adanya *scaffolding* yang memadai, siswa cenderung mengalami kesulitan dalam membuat analogi yang tepat (Kustyorini & Mashuri, 2019).

Secara keseluruhan, hasil analisis *effect size* pada setiap indikator kemampuan berpikir abduktif menunjukkan bahwa peningkatan dalam kategori "besar". Hal ini mengindikasikan bahwa

pembelajaran inkuiri mampu memfasilitasi siswa dalam proses pengembangan berpikir abduktif siswa pada materi campuran. Dalam konteks ini, materi campuran berfungsi sebagai konteks nyata yang memfasilitasi proses tersebut melalui pengalaman langsung. Hal ini sejalan dengan temuan Irwanto (2023), bahwa pembelajaran inkuiri berbasis eksperimen dapat memperkuat kemampuan siswa dalam membangun hipotesis ilmiah.

Pembelajaran inkuiri memiliki peran penting dalam mendorong proses berpikir abduktif siswa. Melalui tahapan pembelajaran inkuiri, siswa diberikan kesempatan untuk melakukan proses ilmiah secara sistematis. Dalam pembelajaran inkuiri, siswa diajak untuk menyelidiki, mengumpulkan data, menganalisis data, dan merumuskan kesimpulan (Bhardwaj dkk., 2021). Selaras dengan keterlibatan siswa dalam pembelajaran inkuiri, terdapat peluang besar untuk mengembangkan proses berpikir abduktif mereka. Berpikir abduktif menuntut siswa untuk mengajukan dugaan terbaik yang logis berdasarkan fenomena yang diamati, kemudian menguji dugaan tersebut melalui percobaan ilmiah

(Dunn & Ramnarain, 2025). Misalnya, ketika siswa mengamati campuran air dengan pasir, mereka dituntut untuk menduga cara pemisahan yang paling mungkin dilakukan. Dugaan ini kemudian diuji melalui langkah-langkah eksperimen, seperti menyaring pasir dengan media penyaring yang tepat. Dengan demikian, inkuiri tidak hanya melatih keterampilan sains, tetapi juga menumbuhkan kemampuan siswa dalam menyusun penjelasan terbaik berdasarkan bukti yang ada, yang mana proses ini termasuk dalam keterampilan berpikir abduktif. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Dunn & Ramnarain (2025), yang menunjukkan bahwa terdapat peningkatan yang signifikan dalam kemampuan berpikir abduktif siswa SMA dengan menghasilkan hipotesis ilmiah yang akurat berdasarkan pengalaman eksperimen berbasis web.

Selaras dengan peran pembelajaran inkuiri dalam memfasilitasi pengembangan kemampuan berpikir abduktif, diperlukan pendekatan pembelajaran yang mampu memperdalam kemampuan konseptual siswa, salah satunya dengan pendekatan *deep*

learning (pembelajaran mendalam). Integrasi deep learning memberikan kontribusi besar terhadap keberhasilan pembelajaran. *Deep learning* menekankan korelasi antarkonsep dan pemahaman mendalam, sehingga siswa tidak hanya sekedar menghafal, tetapi juga mampu mengaitkan konsep materi campuran dengan keadaan konkret di sekitar mereka (Yang, 2023). Hal ini didukung oleh pernyataan Happy dkk., (2025) yang menekankan bahwa pembelajaran bukan hanya sekedar transfer materi, tetapi juga tentang pembentukan pola pikir ilmiah yang berorientasi pada solusi, berkelanjutan, dan relevan secara global.

Integrasi pendekatan *deep learning* ini memperkuat kemampuan berpikir abduktif, karena siswa dapat menguji hipotesis dan membuat kesimpulan yang lebih rasional. Dengan kata lain, *deep learning* melengkapi proses pembelajaran inkuiri dengan memberikan landasan konseptual yang kokoh, sehingga proses berpikir siswa lebih terarah dan bermakna.

D. Kesimpulan

Secara keseluruhan, pembelajaran inkuiri berbasis deep learning memiliki dampak positif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran IPA. Hasil uji t-berpasangan menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara *pretest* dan *posttest* ketika sebelum dan sesudah diterapkan pembelajaran inkuiri terstruktur berbasis *deep learning*. Tidak hanya signifikan secara statistik, tetapi pembelajaran inkuiri terstruktur berbasis *deep learning* juga memiliki pengaruh yang besar dalam mengembangkan kemampuan berpikir abduktif siswa yang diukur melalui *effect size*. Secara keseluruhan, hasil analisis *effect size* pada seluruh indikator kemampuan berpikir abduktif menunjukkan bahwa peningkatan dalam kategori "besar". Nilai *effect size* tertinggi terdapat pada indikator merumuskan masalah & menentukan tujuan, serta merumuskan kesimpulan dengan kategori "besar". Nilai *effect size* terendah terdapat pada indikator analogi yang berada pada kategori "kecil".

DAFTAR PUSTAKA

Adair, J. E. (2010). *Decision Making and Problem Solving Strategies* (2nd. ed). Kogan Page.

- Belzen, U. Z., Engelschalt, P., & Krüger, D. (2021). Modeling as Scientific Reasoning—The Role of Abductive Reasoning for Modeling Competence. *Education Sciences, 11*(9), 495.
<https://doi.org/10.3390/educsci11090495>
- Bhardwaj, P., Gupta, P. K., Panwar, H., Siddiqui, M. K., Morales-Menendez, R., & Bhaik, A. (2021). Application of Deep Learning on Student Engagement in e-learning environments. *Computers & Electrical Engineering, 93*, 107277.
<https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107277>
- Cirik, İ., & Akpolat, T. S. (2024). The Role of Abductive Thinking in K12 Skill Development Process: Example of Mathematics Lesson. *Milli Eğitim Dergisi, 53*(241), 519–542.
<https://doi.org/10.37669/milliegitim.1308508>
- Cuccio, V. (2026). Abduction and Analogical Reasoning in Human Cognition and Metaphorical Thought. *Review of Philosophy and Psychology*.
<https://doi.org/10.1007/s13164-026-00817-z>
- Dunn, J., & Ramnarain, U. D. (2025). The Use of Mobile Technology in Abductive Inquiry-Based Teaching and Learning of Chemical Bonding. *Chemistry Education Research and Practice, 26*(2), 445–458.
<https://doi.org/10.1039/D3RP00314K>
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to Design and Evaluate Research in Education* (8th ed). McGraw-Hill Humanities/Social Sciences/Languages.
- Happy, N., Santosa, T. A., Hiola, S. F., Safira, I., Latifah, N., Dewanto, Safar, & Nungraha, A. R. (2025). Deep Learning Model in Science Learning: Bibliometric Analysis. *Science Education and Application Journal, 7*(1), 22–30.
<https://doi.org/10.30736/seaj.v7i1.1160>
- Herlinawati, H., Marwa, M., Ismail, N., Junaidi, Liza, L. O., & Situmorang, D. D. B. (2024). The Integration of 21st Century Skills in the Curriculum of Education. *Heliyon, 10*(15), e35148.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35148>
- Irwanto, I. (2023). Improving Preservice Chemistry Teachers' Critical Thinking and Science Process Skills Using Research-Oriented Collaborative Inquiry Learning. *Journal of Technology and Science Education, 13*(1), 23.
<https://doi.org/10.3926/jotse.1796>
- Istiana, I., Jatmiko, B., & Prahani, B. K. (2023). Effectiveness of Implementing Guided Inquiry to Improve Students' Critical Thinking Skills. *SAR Journal - Science and Research, 275–*

280.
<https://doi.org/10.18421/SAR64-07>
- Kadiwone, L. L., Dharmawibawa, I. D., & Utami, S. D. (2022). Penerapan Model Pembelajaran Inquiry Based Learning untuk Meningkatkan Aktivitas dan Hasil Belajar Kognitif Siswa. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(1), 1. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i1.4647>
- Kustyorini, Y., & Mashuri, M. T. (2019). Penerapan Pembelajaran Diskusi Analogi Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Prosiding Seminar Nasional Pakar*. <https://doi.org/10.25105/pakar.v0i0.4373>
- Li, W. (2025). The Current Status of Empirical Research on Deep Learning within the Educational Domain. *International Journal of Education and Humanities*, 18(1), 106–110. <https://doi.org/10.54097/g94w0n14>
- Miarti, E., Hasnunidah, N., & Abdurrahman, A. (2021). The Effect of Learning Cycle 5E on Critical Thinking Skills for Junior High School Students. *Scientiae Educatia*, 10(2), 177. <https://doi.org/10.24235/sc.educa.v10i2.9127>
- Muhibbuddin, Artika, W., & Nurmaliah, C. (2023). Improving Critical Thinking Skills Through Higher Order Thinking Skills (HOTS)-Based Science. *International Journal of Instruction*, 16(4), 283–296. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16417a>
- OECD. (2016). *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264266490-en>
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Oh, P. S., & Ha, H. (2025). Sensemaking as a Goal of Science Education, Abduction as a Process of Scientific Sensemaking. *Journal of Research in Science Teaching*, 62(6), 1425–1451. <https://doi.org/10.1002/tea.22019>
- Salam, H., Kariadinata, R., & Chusni, M. M. (2026). The Effectiveness of Inquiry-Based Learning with a Deep Learning Approach on Critical Thinking Skills of 8th Grade Junior High School Students. *International Journal of Science, Technology and Applications*, 3(2), 58–66. <https://doi.org/10.70115/ijsta.v3i2.378>
- Samadun, S., Setiani, R., Dwikoranto, D., & Marsini, M. (2023).

- Effectiveness of Inquiry Learning Models to Improve Students' Critical Thinking Ability. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 4(2), 203–212. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v4i2.277>
- Shodikin, A., Purwanto, P., Subanji, S., & Sudirman, S. (2021). Students' Thinking Process When Using Abductive Reasoning in Problem Solving. *Acta Scientiae*, 23(2), 58–87. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.6026>
- Suyanto, Saukah, A., Seta, A. K., & Soehendro, B. (2025). *Naskah Akademik Pembelajaran Mendalam Menuju Pendidikan Bermutu Untuk Semua*. Pusat Kurikulum dan Pembelajaran Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Republik Indonesia.
- Vargas-Hernández, J. G., & Vargas-González, O. C. (2022). Strategies for Meaningful Learning in Higher Education. *Journal of Research in Instructional*, 2(1), 47–64. <https://doi.org/10.30862/jri.v2i1.41>
- Wirawan, P. R., & Putri, A. S. (2025). The Effect of Deep Learning-Based Contextual Problem on Science Concept Understanding in Slow Learners at Inclusive Schools. *Jurnal Phi Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan*, 12(1), 220–226. <https://doi.org/10.22373/9tr6vz39>
- Yang, X. (2023). Teaching Strategy of Chemistry Concepts Based on Deep Learning. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 10(6), 427–432. <https://doi.org/10.14738/assrj.106.14913>