

**PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN INKUIRI TERSTRUKTUR
BERBANTUAN PHET *SIMULATION* UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS MURID**

Firza Riyadhini Yarkasih¹, Martini²

^{1,2}Pendidikan IPA FMIPA Universitas Negeri Surabaya

¹firzariyadhini.22024@mhs.unesa.ac.id, ²martini@unesa.ac.id

ABSTRACT

This study aims to describe students' critical thinking skills. The research design used is a pre-experiment with a one-group pre-test-post-test design technique. The research sample consisted of 38 students from class VIII-C of SMP Negeri 2 Sidoarjo, and the sampling technique used was purposive sampling. The data collection technique in this study was a test. The increase in critical thinking skills using N-Gain obtained a score of 0.7, which is categorized as high. Based on these results, it can be concluded that the application of a structured inquiry model assisted by PhET simulation on the material of vibrations and waves can improve students' critical thinking skills.

Keywords: *critical thinking, vibrations, waves, structured inquiry*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan keterampilan berpikir kritis murid. Desain penelitian yang digunakan pra-eksperimen dengan teknik one group pre-test-post-test design. Sampel penelitiannya adalah 38 murid kelas VIII-C SMP Negeri 2 Sidoarjo, pengambilan sampel menggunakan teknik purposive sampling. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah tes. Peningkatan keterampilan berpikir kritis dengan menggunakan N-Gain mendapatkan nilai sebesar 0,7 dengan kategori tinggi. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan model inkuiri terstruktur berbantuan PhET simulation pada materi getaran dan gelombang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis murid.

Kata Kunci: berpikir kritis, getaran, gelombang, inkuiri terstruktur

A. Pendahuluan

Kemajuan teknologi masa kini telah membawa perubahan besar terutama dalam dunia pendidikan. Pada abad ke 21 ini, murid dituntut

untuk mempunyai keterampilan 4C, yaitu *collaborative* (kolaborasi), *creative* (kreatif), *communication* (komunikatif), dan *critical thinking* (berpikir kritis) (Astutik & Hariyati,

2021). Keterampilan berpikir kritis sebagai kemampuan esensial dalam membentuk individu yang analitis dan mampu mengambil keputusan berbasis bukti (Jannah & Hayati, 2024). Dalam pembelajaran IPA, kemampuan ini menjadi sangat penting karena menuntut pemahaman konseptual yang mendalam melalui proses analisis dan investigasi ilmiah (Kelana & Wardani, 2021). Namun demikian, capaian literasi sains Indonesia masih tergolong rendah, sebagaimana terlihat pada hasil PISA 2022 dengan skor 383 yang berada di bawah rata-rata OECD sebesar 485 (OECD, 2022), serta laporan TIMSS 2019 menempatkan Indonesia pada peringkat 35 dari 46 negara peserta.

Kondisi rendahnya keterampilan berpikir kritis tersebut juga tercermin pada konteks pembelajaran di sekolah. Berdasarkan hasil pra-penelitian di SMP Negeri 2 Sidoarjo, rata-rata keterampilan berpikir kritis murid kelas VII-C hanya mencapai 47,53%, dengan aspek eksplanasi dan regulasi diri berada pada kategori kurang baik. Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang masih bersifat konvensional belum mampu mengoptimalkan kemampuan analisis dan evaluasi murid sebagai inti dari

berpikir kritis (Farida, 2022; Wayudi et al., 2020). Oleh karena itu, diperlukan inovasi pembelajaran yang lebih interaktif dan berbasis penyelidikan untuk mendorong keterlibatan kognitif murid secara lebih mendalam.

Peningkatan keterampilan berpikir kritis memerlukan penerapan model pembelajaran yang mendorong proses investigasi ilmiah secara sistematis. Model pembelajaran inkuiri terstruktur menjadi salah satu alternatif relevan karena memberikan bimbingan langkah penyelidikan tanpa mengungkapkan jawaban akhir (Colburn, 2008). Melalui perumusan hipotesis, pelaksanaan eksperimen, analisis data, dan penarikan kesimpulan, murid didorong untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis secara optimal (Amala & Widodo, 2025). Implementasi model ini semakin efektif dengan dukungan laboratorium virtual PhET *Simulation* yang dikembangkan oleh University of Colorado (Perkins et al., 2006), sehingga pembelajaran tetap berbasis eksperimen meskipun terdapat keterbatasan sarana laboratorium. Materi getaran dan gelombang dipilih karena karakteristiknya yang dinamis dan menuntut visualisasi serta investigasi data secara langsung.

Implementasi model inkuiri terstruktur secara signifikan meningkatkan perkembangan belajar murid dengan mendorong kemandirian dalam menganalisis data dan menarik kesimpulan (Muzayanah & Nurita, 2022). Berbagai riset menunjukkan lonjakan drastis pada keterampilan berpikir kritis, seperti peningkatan skor dari 52,8 menjadi 80,18 (Santoso & Arif, 2021), serta capaian rata-rata dari 49,25 menjadi 81,46 yang mencakup aspek kolaboratif (Hidayah & Nurita, 2022). Tren positif ini diperkuat oleh temuan (Amala & Widodo, 2025) dengan raihan *post-test* sebesar 90,32.

Meskipun demikian, penelitian yang mengintegrasikan inkuiri terstruktur dengan PhET *Simulation* pada materi getaran dan gelombang serta mengukur keterampilan berpikir kritis secara komprehensif masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan keterampilan berpikir kritis murid melalui implementasi model pembelajaran inkuiri terstruktur berbantuan PhET *simulation* di SMP Negeri 2 Sidoarjo pada materi getaran dan gelombang.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan desain pra-eksperimen (*pre-experimental design*). Penelitian ini dilaksanakan di SMP Negeri 2 Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, pada semester genap tahun ajaran 2025/2026. Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh murid kelas VIII di SMP Negeri 2 Sidoarjo. Adapun teknik pengambilan sampel yang digunakan *purposive sampling*. Berdasarkan teknik tersebut, ditetapkan kelas VIII-C sebagai sampel penelitian dengan jumlah total 38 murid.

Teknik yang digunakan adalah *one-group pretest-posttest design* yang diaplikasikan pada kelas eksperimen tunggal. Dalam pelaksanaannya, peneliti memberikan *pre-test* untuk mengukur kondisi awal subjek sebelum diberikan perlakuan (*treatment*). Setelah perlakuan selesai, *post-test* diberikan untuk mengevaluasi hasil atau perubahan yang terjadi. Hasil pretest dan posttest akan dibandingkan untuk melihat peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Teknik pengumpulan data dalam hal ini menggunakan tes tulis yang bersifat tertutup berupa 10 pertanyaan

uraian yang harus dikerjakan selama 60 menit. Soal tes yang digunakan sudah berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis menurut (Facione, 2015) yang terdiri dari interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri. Peningkatan keterampilan berpikir kritis murid dalam penerapan inkuiri terstruktur menggunakan bantuan LKM dengan kegiatan mengikuti sintaks inkuiri terstruktur, meliputi: menyajikan pertanyaan atau masalah, merumuskan hipotesis, melakukan percobaan, melakukan analisis data, dan menarik kesimpulan yang disesuaikan juga dengan indikator keterampilan berpikir kritis.

Hasil nilai tes murid akan dianalisis menggunakan teknik Analisis N-Gain yang dimaksudkan untuk mengidentifikasi seberapa besar peningkatan keterampilan berpikir kritis murid dengan membandingkan hasil *pre-test* dan *post-test*. Gain ternormalisasi (*N-Gain*) merupakan perbandingan antara skor perolehan aktual dengan skor maksimum yang dapat dicapai oleh murid (Rohmah et al., 2021). Gain yang dinormalisasi dihitung menggunakan *Microsoft Excel* dengan

persamaan sebagai berikut (Nisha, 2022) .

$$g (N-Gain) = \frac{S_{posttest} - S_{pretest}}{SM - S_{pretest}}$$

Keterangan:

g= Gain yang dinormalisasi

S = Skor

SM = Skor maksimal

Kategori tinggi rendahnya gain dinormalisasi (*N-gain*) ditunjukkan pada **Tabel 1**.

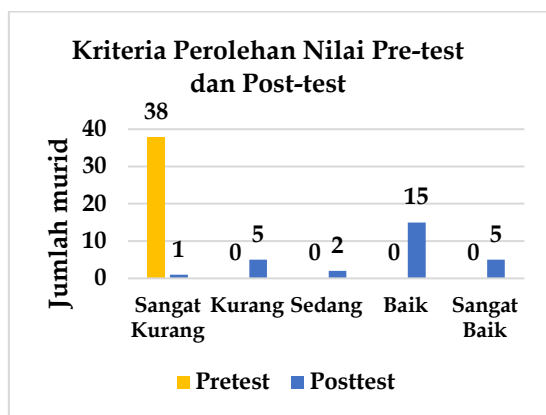
Tabel 1 Interpretasi Gain Ternormalisasi

Gain Ternormalisasi	Interpretasi
$0,70 \leq g \leq 1,00$	Tinggi
$0,30 \leq g < 0,70$	Sedang
$0,00 < g < 0,30$	Rendah
$g = 0,00$	Tidak terjadi peningkatan
$-1,00 \leq g < 0,00$	Terjadi Penurunan

Pada signifikansi peningkatan *pre-test* dan *post-test* menggunakan uji statistik inferensial yaitu dengan melakukan uji prasyarat hipotesis yaitu uji normalitas. Apabila hasil uji normalitas berdistribusi normal maka dilanjutkan dengan teknik statistika parameterik yaitu uji-t berpasangan. Sedangkan bila data tidak berdistribusi normal, dilanjutkan dengan teknik statistik non parametrik yaitu uji Wilcoxon.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Data keterampilan berpikir kritis murid dikumpulkan melalui instrumen tes yang diberikan sebelum (*pre-test*) dan sesudah (*post-test*) penerapan model pembelajaran inkuiri terstruktur pada materi getaran dan gelombang. Kriteria perolehan nilai *Pre-test* dan *Post-test* murid dapat dilihat pada diagram batang berikut.



Gambar 1 Kriteria Perolehan Nilai *Pre-test* dan *Post-test*

Gambar 1 menunjukkan adanya peningkatan capaian antara nilai *pre-test* dan *post-test* murid. Pada *pre-test*, seluruh murid berada pada kategori "sangat kurang". Namun, setelah diberikan perlakuan melalui model inkuiri terstruktur, hasil *post-test* menunjukkan pergeseran kognitif peningkatan yang bervariasi. Tes ini disusun berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis, yang

rincian capaiannya pada tiap indikator dipaparkan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Kategori Keterampilan Berpikir Kritis Pada Tiap Indikator

Indikator KBK	$\bar{x}$ Pre-test	Kategori	$\bar{x}$ Post-test	Kategori
Interpretasi	46,7	Sangat Kurang	90,1	Sangat baik
Analisis	4,9		73,7	Baik
Evaluasi	1,3		73,7	Baik
Inferensi	0		72,4	Baik
Eksplanasi	2,3		73,7	Baik
Regulasi diri	0,7		69,7	Sedang
Rata-Rata	9,3		75,5	Baik

Data pada Tabel 2 menunjukkan tren kenaikan pada seluruh indikator keterampilan berpikir kritis (KBK). Peningkatan paling signifikan terlihat pada indikator interpretasi, dengan skor rata-rata *pre-test* sebesar 46,7 menjadi 90,1 pada *post-test*. Indikator lainnya seperti analisis, evaluasi, dan eksplanasi menunjukkan capaian *post-test* yang seragam sebesar 73,7. Sementara itu, indikator inferensi meningkat menjadi 72,4 dan regulasi diri naik menjadi 69,7 (sedang).

Tabel 3. Data Hasil N-gain Murid

No.	Kategori N-gain	Jumlah Murid	Persentase (%)
1.	Tinggi	30	79 %
2.	Sedang	8	21 %
3.	Rendah	0	0

Berdasarkan Tabel 3, terdapat 30 murid dengan kategori N-gain tinggi sebesar 79% dan 8 murid pada kategori N-gain sedang sebesar 21%.

Tabel 4. Data Hasil N-gain Tiap Indikator KBK

Indikator KBK	Pre-test	Post-test	N-gain	Kategori
Interpretasi	46,7	90,1	0,8	Tinggi
Analisis	4,9	73,7	0,7	Tinggi
Evaluasi	1,3	73,7	0,7	Tinggi
Inferensi	0	72,4	0,7	Tinggi
Eksplanasi	2,3	73,7	0,7	Tinggi
Regulasi Diri	0,7	69,7	0,7	Tinggi

Merujuk pada tabel 4, seluruh indikator keterampilan berpikir kritis (KBK) menunjukkan peningkatan dalam kategori tinggi. Capaian indeks *N-gain* tertinggi diperoleh pada indikator interpretasi sebesar 0,8. Sementara itu, lima indikator lainnya secara konsisten memperoleh nilai *N-gain* sebesar 0,7.

Tabel 5. Hasil Uji Normalitas Keterampilan Berpikir Kritis

	Statistic	df	Sig.
<i>Pre-test</i>	0,909	38	0,004
<i>Post-test</i>	0,902	38	0,003

Merujuk pada Tabel 5 Hasil uji normalitas keterampilan berpikir kritis menunjukkan nilai sig. sebesar 0,004 pada *pre-test*. Berdasarkan hasil

tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa data tidak berdistribusi normal dikarenakan memiliki nilai sig. < 0,05. Sehingga untuk uji hipotesis, dilakukan uji non parametrik, uji Wilcoxon

Tabel 6 Wilcoxon Signed Ranks Test Keterampilan Berpikir Kritis

Ranks				
			Sum	
			Mean	of
			N	Rank
Post-Test -	Negative Ranks	0 ^a	0,00	0,00
Pre-Test	Positive Ranks	38 ^b	19,50	741,00
Ties		0 ^c		
Total		38		

a. Post-Test < Pre-Test

b. Post-Test > Pre-Test

c. Post-Test = Pre-Test

Hasil uji *Wilcoxon Signed Ranks Test* pada Tabel 6 menunjukkan nilai *negative ranks* sebesar 0, yang mengindikasikan bahwa tidak ada murid yang mengalami penurunan nilai dari *pre-test* ke *post-test*. Nilai *positive ranks* sebesar 38 menunjukkan bahwa seluruh murid mengalami peningkatan skor dengan rata-rata peringkat 19,50 dan total peringkat 741,00. Nilai *ties* sebesar 0 mengonfirmasi bahwa tidak terdapat kesamaan skor antara hasil *pre-test*

dan *post-test*. Untuk menentukan nilai Z dan tingkat signifikansi, analisis dilanjutkan pada bagian *test statistics* yang tersaji dalam Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Uji Wilcoxon Keterampilan Berpikir Kritis

Test Statistics ^a	
	Post-Test - Pre-Test
Z	-5,380 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Berdasarkan Tabel 7 hasil uji Wilcoxon keterampilan berpikir kritis menunjukkan nilai Z sebesar -5,380 dengan signifikansi *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar 0,000. Hasil tersebut menunjukkan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima, karena nilai *Asymp. Sig.* <0,05. Hal ini membuktikan adanya perbedaan rata-rata yang signifikan antara nilai *pre-test* dan *post-test* murid.

.Tabel 8 Hasil Uji Wilcoxon Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

Indikator KBK	Z	Asymp.Sig. (2-tailed)
Interpretasi	-4,999	0,000
Analisis	-5,405	0,000
Evaluasi	-5,401	0,000
Inferensi	-5,423	0,000
Eksplanasi	-5,403	0,000
Regulasi Diri	-5,540	0,000

Berdasarkan Tabel 8 hasil uji Wilcoxon indikator keterampilan berpikir kritis menunjukkan bahwa seluruh indikator keterampilan berpikir kritis mengalami peningkatan, hal tersebut ditunjukkan oleh nilai *Asymp.Sig. (2-tailed)* sebesar 0,000. Indikator yang memiliki nilai Z tertinggi indikator regulasi diri ($Z=-5,540$).

Berdasarkan data penelitian, ditemukan perbedaan rata-rata yang signifikan hasil *pre-test* dan *post-test*. Hal tersebut mengindikasikan bahwa perlakuan yang diberikan selama kegiatan pembelajaran berhasil menstimulus kemampuan berpikir kritis murid secara optimal. Hasil ini sejalan dengan penelitian Eldiawati (2018) yang menunjukkan bahwa inkuiri terstruktur memberikan pengaruh positif terhadap keterampilan berpikir kritis dan meningkatkan kualitas aktivitas belajar murid. Temuan tersebut juga konsisten dengan penelitian Amala & Widodo (2025) yang mencatat peningkatan keterampilan berpikir kritis dengan perolehan rata-rata *N-gain* sebesar 0,856 yang masuk kriteria tinggi. Integrasi simulasi PhET menjadi faktor kunci dalam mendukung proses berpikir ilmiah melalui eksplorasi interaktif dan

pengujian hipotesis, sejalan dengan riset Ni'mah & Widodo (2022) yang menunjukkan dominasi *N-gain* pada kategori tinggi dan sedang.

Pada indikator interpretasi, skor *N-gain* mencapai 0,8 (kategori tinggi) karena murid dilatih mengamati fenomena melalui video dan demonstrasi. Hasil ini sejalan dengan penelitian Wale & Bishaw (2020) bahwa pembelajaran inkuiri efektif meningkatkan keterampilan interpretasi dengan mendorong murid aktif memahami informasi secara mendalam. Selain itu, integrasi teknologi dalam tahap ini berdampak positif terhadap keterlibatan murid dalam memahami fenomena abstrak melalui visualisasi interaktif (Wijesekera & Hameed, 2026).

Indikator analisis dan evaluasi menunjukkan peningkatan *N-gain* 0,7. Pada aspek analisis, penelitian Nahar & Machado (2025) menjelaskan bahwa inkuiri mendorong murid mengolah dan mengevaluasi data secara aktif, bukan sekadar menerima informasi pasif. Sementara pada aspek evaluasi, penelitian Markos Siahaan et al. (2025) mendukung bahwa model inkuiri melibatkan murid dalam membandingkan data eksperimen dengan fakta yang ada,

yang difasilitasi melalui investigasi sistematis dan logis (Kim et al., 2021).

Indikator inferensi juga meningkat dengan *N-gain* 0,7, di mana murid menjadi lebih terampil menyeleksi informasi relevan untuk merumuskan hipotesis. Peningkatan konsisten pada kemampuan inferensi ini sejalan dengan penelitian Suprasetyo et al. (2024) serta penelitian Ali et al. (2024) mengenai kemampuan murid mengaitkan konsep ilmiah dalam hipotesis yang dapat diuji. Penggunaan PhET juga memperkuat aspek ini karena menurut Turnip (2025), simulasi memungkinkan murid melihat dampak perubahan variabel secara langsung untuk memverifikasi dugaan mereka.

Indikator eksplanasi dan regulasi diri menunjukkan peningkatan *N-gain* 0,7 melalui kegiatan menarik kesimpulan dan refleksi. Penelitian Rahmadhani et al. (2021) menyatakan inkuiri meningkatkan kemampuan menjelaskan, diperkuat penggunaan PhET untuk memvisualisasikan konsep (Rararati et al., 2025). Selain itu, proses refleksi dalam inkuiri yang terintegrasi teknologi terbukti berpengaruh positif terhadap regulasi diri murid (Damayanti et al., 2024; Maulidyah et al., 2024).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi normal, sehingga pengujian signifikansi dilanjutkan menggunakan statistik non-parametrik melalui uji Wilcoxon. Berdasarkan hasil uji non parametrik pada tabel 7 menunjukkan signifikansi $0,000 < 0,05$, yang menunjukkan H_1 diterima. Temuan ini membuktikan penerapan model inkuiri terstruktur berbantuan simulasi PhET berpengaruh terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis murid.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dalam penelitian ini, disimpulkan bahwa keterampilan berpikir kritis murid setelah diterapkan model pembelajaran inkuiri terstruktur berbantuan PhET *simulation* mengalami peningkatan dengan rata-rata N-gain score 0,7 dengan kategori tinggi. Hasil perhitungan dengan uji non parametrik Wilcoxon sebesar 0,000 yang berarti H_1 diterima.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A., Kaigere, D., Apriyanti, A., Haryanti, T., & Rusli, T. S. (2024). *Eksplorasi Sains melalui Inquiry: Pendekatan Inovatif dalam Pembelajaran IPA*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Amala, R., & Widodo, W. (2025). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik melalui Model Pembelajaran Inkuiri Terstruktur pada Materi Pemanasan Global. *BIOCHEPHY: Journal of Science Education*, 5(1), 344–349. <https://doi.org/10.52562/biochephy.v5i1.1504>
- Astutik, P., & Hariyati, N. (2021). Peran guru dan strategi pembelajaran dalam penerapan keterampilan abad 21 pada pendidikan dasar dan menengah. *Jurnal Inspirasi Manajemen Pendidikan*, 9(3), 619–638. <https://doi.org/https://share.google/eytv2uxMzhj2SHPEr>
- Colburn, A. (2008). An Inquiry Primer. In *Readings in science methods K-8*. <https://doi.org/http://www.cyberbee.com/inquiryprimer.pdf>
- Damayanti, E. J., Muzaki, A., & Masjudin, M. (2024). Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri untuk Meningkatkan Regulasi Diri dan Hasil Belajar Matematika Siswa Kelas VIII di SMPN 4 Jonggat. *Jurnal Kependidikan Ki Hajar Dewantara*, 1(1). <https://doi.org/https://institutpermamandalika.com/index.php/khd/article/view/84>
- Eldiawati, T. (2018). Pengaruh Penerapan Inkuiri Terstruktur pada Sub Materi Pemuaian terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMPN 17 Surabaya. *PENSA: E-JURNAL PENDIDIKAN SAINS*, 6(02).

- <https://doi.org/https://doi.org/10.26740/pensa.v6i02.23188>
- Facione, P. (2015). Critical Thinking: What It Is and Why It Counts. *Insight Assessment*.
- Farida, H. J. I. (2022). *Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Group Investigation (GI) dan Kemampuan Analisis Fungsi Trigonometri*. Mikro Media Teknologi.
- Hidayah, L. F. Al, & Nurita, T. (2022). The Effect of The Structured Inquiry Learning Model on Students' Critical and Collaborative Thinking Skills. *Jurnal Pijar Mipa*, 17(3), 369–374. <https://doi.org/10.29303/jpm.v17i3.3502>
- Jannah, M., & Hayati, M. (2024). Pentingnya kemampuan literasi matematika dalam pembelajaran matematika. *Griya Journal of Mathematics Education and Application*, 4(1), 40–54. <https://doi.org/https://mathjournal.unram.ac.id/index.php/Griya/index>
- Kelana, J. B., & Wardani, D. S. (2021). *model pembelajaran IPA SD*. Cirebon: Edutrimedia Indonesia.
- Kim, G., Kim, D., Ahn, Y., & Huh, K. (2021). Hybrid Approach for Vehicle Trajectory Prediction Using Weighted Integration of Multiple Models. *IEEE Access*, 9, 78715–78723. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3083918>
- Markos Siahaan, S., Ismet, I., Soeharto, S., & Patriot, E. A. (2025). Supporting Eighth-Grade Pupils' Understanding of Hydrostatic Pressure with Inquiry-Based Activities. *Journal of Turkish Science Education*, 22(4), 677–702. <https://doi.org/10.36681/tused.2025.034>
- Maulidyah, R. F., Aulia, E., & Mahdiannur, M. A. (2024). Implementasi Model Pembelajaran Inkuiri dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis pada Pembelajaran IPA. *Central Publisher*, 2(12). <https://doi.org/https://centralpublisher.co.id/jurnalcentralpublisher/index.php/Publish/article/view/578>
- Muzayanah, R., & Nurita, T. (2022). Application of Structured Inquiry Learning Models to Enhance Students' Critical Thinking Skills. *Jurnal Pijar Mipa*, 17(3), 380–386. <https://doi.org/10.29303/jpm.v17i3.3504>
- Nahar, L., & Machado, C. (2025). Inquiry-based Learning in Bangladesh: Insights into Middle and High School Students' Experiences and 21st Century Skill Development. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 7(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s43031-025-00122-2>
- Ni'mah, M., & Widodo, W. (2022). Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Terstruktur Berbantuan Virtual-Laboratory PhET untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Listrik Dinamis. *Pensa E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 10(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.26740/pensa.v10i2.45289>

- Nisha, H. (2022). *Penerapan Model Two Stay Two Stray Terhadap Hasil Belajar Peserta Didik*. Alphandi.
- OECD. (2022). *PISA 2022 Result (Colume I): The State of Learning and Equity in Education*. <https://oecdch.art/a40de1dbaf/C108>.
- Perkins, K., Adams, W., Dubson, M., Finkelstein, N., Reid, S., Wieman, C., & LeMaster, R. (2006). PhET: Interactive Simulations for Teaching and Learning Physics. *The Physics Teacher*, 44(1), 18–23. <https://doi.org/10.1119/1.2150754>
- Rahmadhani, P., Sutrisno, & Widarti, H. R. (2021). Increasing Students' Critical Thinking Skills in Fundamental of Analytical Chemistry using Inquiry-Based Learning with OE3R Strategy. *AIP Publishing*, 020013. <https://doi.org/10.1063/5.0043151>
- Rararati, P. A., Nuroso, H., Nuroso, H., Kurniawan, A. F., & Kurniawan, A. F. (2025). Kajian Literatur : Penggunaan Simulasi PhET dalam Pembelajaran Fisika. *Lontar Physics Today*, 3(2), 045–054. <https://doi.org/10.26877/lpt.v3i2.21838>
- Rohmah, H. N., Suherman, A., & Utami, I. S. (2021). Penerapan problem based learning berbasis STEM pada materi alat optik untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 12(2), 117–123. <https://doi.org/https://doi.org/10.26877/jp2f.v12i2.7900>
- Santoso, M., & Arif, S. (2021). Efektivitas Model Inquiry dengan Pendekatan STEM Education terhadap Kemampuan Berfikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 1(2), 73–86. <https://doi.org/10.21154/jtii.v1i2.123>
- Suprasetyo, Y. N., Sujiarto, H. S., & Sulastrri, Y. L. (2024). Implementasi Model Pembelajaran Inquiry untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis. *UJMES (Uninus Journal of Mathematics Education and Science)*, 9(1), 040–046. <https://doi.org/10.30999/ujmes.v9i1.2725>
- Turnip, S. H. (2025). Pengaruh Metode Simulasi terhadap Pemahaman Konsep Siswa Kelas X pada Pembelajaran Kinematika Gerak. *Semnastekmu*, 5(1). <https://doi.org/https://prosiding.stekom.ac.id/index.php/SEMNASTEKMU/article/view/291>
- Wale, B. D., & Bishaw, K. S. (2020). Effects of Using Inquiry-Based Learning on EFL Students' Critical Thinking Skills. *Asian-Pacific Journal of Second and Foreign Language Education*, 5(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s40862-020-00090-2>
- Wayudi, M., Suwatno, S., & Santoso, B. (2020). Kajian analisis keterampilan berpikir kritis siswa

sekolah menengah atas. *Jurnal Pendidikan Manajemen Perkantoran*, 5(1), 67–82.
<https://doi.org/http://ejournal.upi.edu/index.php/jpmanper>

Wijesekera, H. D., & Hameed, R. (2026). From Rote Learning to Critical Inquiry: Fostering Higher Order Thinking Skills through Collaborative Questioning in a Rural Secondary English-medium Science Classroom. *Thinking Skills and Creativity*, 60, 102093. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2025.102093>