

PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN *GUIDED INQUIRY* BERBANTUAN *VIRTUAL LABORATORY* TERHADAP KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK

Wulandari¹, Saidil Mursali^{2*}, & Ika Nurani Dewi³

^{1,2,&3}Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Sains, Teknik, dan Terapan, Universitas Pendidikan Mandalika, Jalan Pemuda Nomor 59A, Mataram, Nusa Tenggara Barat 83125, Indonesia

*Email: saidilmursali@undikma.ac.id

Submit: 07-06-2025; Revised: 14-06-2025; Accepted: 17-06-2025; Published: 01-07-2025

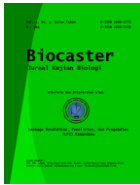
ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model pembelajaran *guided inquiry* berbantuan *virtual laboratory* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Latar belakang penelitian ini didasari oleh rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa, serta keterbatasan sarana laboratorium di sekolah. Penelitian ini menggunakan model kuantitatif dengan desain *quasi experiment* tipe *pretest-posttest control group design*. Sampel penelitian terdiri dari dua kelas X di SMA Negeri 2 Labuapi yang dipilih secara *cluster random sampling*. Instrumen penelitian berupa tes keterampilan berpikir kritis yang disusun berdasarkan indikator Ennis (2011). Analisis data dilakukan menggunakan uji *N-Gain* dan uji ANCOVA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *N-Gain* kelas eksperimen (0,378) lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (0,302), dan hasil uji ANCOVA menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,026 ($<0,05$) yang berarti terdapat pengaruh signifikan model pembelajaran terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis. Temuan ini mengindikasikan bahwa model *guided inquiry* berbantuan *virtual laboratory* lebih efektif dibandingkan pembelajaran konvensional dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis, seperti kemampuan menganalisis informasi, menyusun argumen, dan menarik simpulan logis. Model ini relevan untuk diterapkan dalam pembelajaran sains abad ke-21, terutama di sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium.

Kata Kunci: *Guided Inquiry*, Keterampilan Berpikir Kritis, PhET, *Virtual Laboratory*.

ABSTRACT: This study aims to determine the effect of guided inquiry learning model assisted by virtual laboratory on students' critical thinking skills. The background of this study is based on the low critical thinking skills of students, as well as the limited laboratory facilities in schools. This study uses a quantitative model with a quasi-experimental design type pretest-posttest control group design. The research sample consisted of two classes X at SMA Negeri 2 Labuapi which were selected by cluster random sampling. The research instrument was a critical thinking skills test compiled based on Ennis' indicators (2011). Data analysis was carried out using the *N-Gain* test and ANCOVA test. The results showed that the *N-Gain* value of the experimental class (0.378) was higher than the control class (0.302), and the results of the ANCOVA test showed a significance value of 0.026 (<0.05) which means that there is a significant effect of the learning model on improving critical thinking skills. These findings indicate that the guided inquiry model assisted by virtual laboratory is more effective than conventional learning in developing critical thinking skills, such as the ability to analyze information, formulate arguments, and draw logical conclusions. This model is relevant to be applied in 21st century science learning, especially in schools with limited laboratory facilities.

Keywords: *Guided Inquiry*, Critical Thinking Skills, PhET, *Virtual Laboratory*.

How to Cite: Wulandari, W., Mursali, S., & Dewi, I. N. (2025). Pengaruh Model Pembelajaran *Guided Inquiry* Berbantuan *Virtual Laboratory* terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 5(3), 202-216. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v5i3.441>



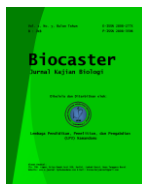
PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan salah satu indikator penting dalam menentukan kemajuan suatu negara, karena berperan dalam menciptakan sumber daya manusia yang berkualitas dan beradab (Mardiyanti & Jatmiko, 2022). Pendidikan di abad ke-21 tidak hanya bertujuan mengembangkan keinginan, kemampuan, bakat, dan potensi peserta didik, tetapi juga harus menanamkan keterampilan esensial, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan literasi digital. Mengacu pada arahan BNSP untuk menjawab tuntutan global tersebut, pendidikan abad 21 perlu bertransformasi dari pendekatan pembelajaran yang berpusat pada *teacher center* menjadi berpusat pada *student center* agar proses pembelajaran lebih aktif dan mampu memfasilitasi kebutuhan zaman secara efektif (Anggraini *et al.*, 2020).

Pembelajaran abad 21 bertujuan untuk membekali peserta didik dengan keterampilan hidup (*life skills*), seperti keterampilan 4C (*Critical Thinking, Creativity, Collaboration, dan Communication*). Hal tersebut dilakukan sebagai respons terhadap perkembangan teknologi dan tuntutan era Revolusi Industri 4.0 (Sartini & Mulyono, 2022). Kompetensi ini dapat diterapkan dalam kegiatan pembelajaran sehari-hari melalui berbagai strategi di kelas. Misalnya, kemampuan berpikir kritis dapat ditingkatkan dengan mendorong peserta didik untuk menelaah berbagai sumber informasi, mengevaluasi sudut pandang yang berbeda, dan memecahkan masalah yang kompleks. Kreativitas dapat diasah melalui aktivitas yang mendorong peserta didik untuk mengusulkan solusi yang orisinal dan aplikatif terhadap permasalahan di lingkungan sekitar. Kolaborasi kelompok dan komunikasi yang efektif dapat diperkuat melalui kerja tim, diskusi antar teman sebaya, serta kesempatan untuk mempresentasikan ide secara terbuka (Soraya *et al.*, 2024).

Salah satu kompetensi 4C adalah keterampilan berpikir kritis. Keterampilan berpikir kritis adalah keterampilan menganalisis argumen, membuat simpulan menggunakan penalaran, mengevaluasi, dan membuat keputusan atau pemecahan masalah (Safrida *et al.*, 2018). Keterampilan berpikir kritis diperlukan membuat keputusan untuk melakukan atau mempercayai suatu hal yang diawali dengan berpikir dengan beralasan dan berpikir reflektif. Berpikir kritis merupakan proses berpikir analitis dan evaluatif dengan tujuan mencapai simpulan melalui penalaran deduktif dan induktif (Mursali *et al.*, 2023). Berpikir kritis bertujuan untuk mengevaluasi klaim yang diberikan, sehingga dapat menentukan apakah klaim tersebut layak dipercaya atau tidak.

Salah satu permasalahan utama adalah rendahnya literasi sains peserta didik yang berkaitan erat dengan keterbatasan kemampuan berpikir kritis. Soal-soal dalam asesmen PISA disusun berdasarkan standar *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) dan mengharuskan peserta didik untuk menyelesaikan masalah kontekstual yang berkaitan dengan kehidupan nyata (Rosmalinda *et al.*, 2021). Namun demikian, banyak peserta didik di Indonesia masih mengalami kesulitan dalam menyelesaikan soal-soal tersebut, sebagaimana ditunjukkan oleh rendahnya



pencapaian pada aspek berpikir kritis (Sa'adah *et al.*, 2020). Hal ini menegaskan perlunya penguatan keterampilan berpikir kritis dalam kerangka sistem pendidikan nasional.

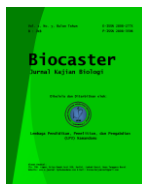
Hal tersebut didukung oleh penelitian yang menyimpulkan bahwa banyak pendidik yang belum mengimplementasikan pembelajaran berbasis keterampilan berpikir tingkat tinggi yang berdampak pada rendahnya hasil belajar, termasuk disposisi berpikir kritis yang membuat keterampilan berpikir kritis di Indonesia masih belum optimal (Mursali *et al.*, 2023). Rendahnya keterampilan berpikir kritis peserta didik disebabkan karena pada saat proses pembelajaran dinilai kurang cukup efektif dalam mengembangkan sebuah minat, bakat, dan potensi yang ada di dalam diri para peserta didik (Anisa *et al.*, 2021; Siskayanti *et al.*, 2022).

Hasil studi pendahuluan menunjukkan hasil yang serupa. Peserta didik di SMA Negeri 2 Labuapi masih terbatas dalam menggunakan keterampilan yang mereka miliki, terutama dalam hal keterampilan berpikir kritis. Hal ini disebabkan karena proses pembelajaran yang selama ini dilakukan berpusat pada peserta didik. Sarana dan prasarana di sekolah, khususnya alat di laboratorium terbatas, sehingga jarang digunakan. Kurangnya aktivitas pembelajaran berbasis proyek, studi kasus, atau simulasi juga menghambat perkembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Akibatnya, peserta didik lebih cenderung menerima informasi secara pasif. Akibatnya, peserta didik tidak dapat mengemukakan pendapat dan keterampilan berpikir kritis mereka terbatas yang bisa berpengaruh terhadap hasil belajar peserta didik.

Mengatasi masalah tersebut, pendidik dapat menggunakan model pembelajaran yang tepat untuk membuat materi menjadi lebih menarik, dan mengikutsertakan peserta didik, sehingga mereka lebih aktif. Dengan demikian, diperlukan model pembelajaran yang lebih baik. Menggunakan model pembelajaran *guided inquiry* dalam proses pembelajaran adalah pilihan yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut (Azra & Nurita, 2025). Menurut Rasyidah *et al.* (2018), model *guided inquiry* adalah model pembelajaran untuk mengajarkan peserta didik dalam menghubungkan konsep-konsep yang ada. Penggunaan model ini melibatkan pendidik yang memberikan contoh kepada peserta didik, membimbing mereka untuk melakukan pengamatan, menyampaikan hipotesis, hingga menarik simpulan, serta peserta didik dapat belajar secara mandiri untuk menggambarkan atau memahami konsep yang dipelajari.

Melalui pembelajaran *guided inquiry*, peserta didik dapat diarahkan untuk berpikir kritis. Observasi yang mereka lakukan memungkinkan mereka menarik simpulan, sehingga mampu menemukan dan memahami konsep secara ilmiah. Pengetahuan akan melekat lebih lama apabila peserta didik dilibatkan langsung dalam proses pembelajaran (Wulansari & Dewi, 2022). Model pembelajaran *guided inquiry* memiliki kekurangan tertentu, seperti sulit dalam menerapkan, karena terbentur dengan kebiasaan belajar peserta didik yang cenderung konvensional, memerlukan waktu yang lebih lama, sehingga sulit dalam menyesuaikan dengan jadwal yang sudah ada, dan kriteria keberhasilan belajar ditentukan oleh kemampuan peserta didik dalam menguasai materi pelajaran (Riana, 2024).

Hambatan ini dapat diatasi dengan memanfaatkan teknologi. Perkembangan teknologi informasi menawarkan beberapa alternatif untuk melaksanakan kegiatan

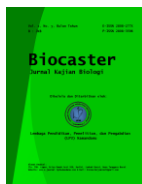


pembelajaran, seperti pembelajaran berbasis *web*, animasi, *powerpoint*, multimedia interaktif *online*, dan *offline*, serta masih banyak cara lain yang dapat mendukung dan memudahkan proses belajar mengajar di kelas. Pemanfaatan teknologi informasi yang berkembang pesat pada abad 21 ini memiliki potensi besar dalam bidang pembelajaran (Saleh *et al.*, 2024). *Virtual laboratory* merupakan sebuah *software* yang dijalankan pada komputer secara *virtual*, dan fungsi-fungsi di dalam laboratorium sebagaimana layaknya eksperimen secara *real*. Media ini tidak hanya mampu menyajikan materi dalam bentuk visual dan *audio* yang menarik, tetapi juga memungkinkan pendidik untuk merancang aktivitas yang mendorong keterlibatan peserta didik secara aktif dalam proses berpikir, mengeksplorasi nilai-nilai, serta memecahkan masalah (Rizka *et al.*, 2025). Adanya media pembelajaran *virtual laboratory* dapat lebih efektif dan efisien pada proses pembelajaran, serta dapat memungkinkan eksperimen secara *virtual*. Salah satu *virtual laboratory* yang dapat digunakan adalah PhET (*Physics Education Technology*). PhET memiliki kelebihan mengamati fenomena secara *virtual* dan memanipulasi variabel yang tidak memungkinkan secara langsung di lingkungan (Chotimah *et al.*, 2023).

Media simulasi PhET dipilih karena fleksibilitasnya dalam mendukung berbagai model dan strategi pembelajaran, khususnya yang berbasis pendekatan *inquiry* (Defianti *et al.*, 2021). Media ini dapat diakses secara daring maupun luring, dan dirancang secara khusus untuk membantu peserta didik memahami konsep-konsep sains yang kompleks dan abstrak melalui tampilan visual yang interaktif dan menarik (Fatimah *et al.*, 2020). Melalui simulasi ini, peserta didik didorong untuk mengamati fenomena ilmiah, merumuskan pertanyaan, menyusun hipotesis, melakukan eksperimen *virtual*, serta menginterpretasi hasil simulasi untuk menarik simpulan yang logis (Defianti *et al.*, 2021). Pada dasarnya, PhET menyediakan lingkungan belajar yang merangsang dan memungkinkan peserta didik terlibat dalam proses penalaran ilmiah yang autentik dan selaras dengan prinsip-prinsip dasar pembelajaran berbasis *inquiry*. Oleh karena itu, penggunaan *virtual laboratory* PhET memiliki peran penting dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dalam pembelajaran sains (Khaeruddin, 2017).

Media PhET sangat tepat digabungkan dengan model pembelajaran *inquiry*, karena memiliki beberapa kelebihan seperti: 1) peserta didik mengetahui konsep-konsep dasar dan ide-ide yang lebih baik; 2) membantu dalam mengingat pada proses belajar yang baru; 3) mendorong peserta didik untuk berpikir intuitif dan merumuskan hipotesis sendiri; 4) memberikan kepuasan bersifat intrinsik; dan 5) proses pembelajaran yang lebih menarik (Simbolon, 2015). Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Gunawan *et al.* (2019) menyatakan bahwa pembelajaran *guided inquiry* berbantuan *virtual laboratory* memberikan efek yang signifikan pada keterampilan peserta didik. Pembelajaran *guided inquiry* menggunakan *virtual laboratory* dapat meningkatkan kemampuan peserta didik dalam memahami konsep-konsep yang sulit (Hermansyah *et al.*, 2019).

Berdasarkan uraian di atas, pembelajaran *guided inquiry* berbantuan *virtual laboratory* diyakini mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik, karena *guided inquiry* berbantuan *virtual laboratory* meningkatkan partisipasi aktif dan kemandirian peserta didik dalam mengidentifikasi sumber informasi melalui kegiatan investigasi dengan bantuan teknologi. Penelitian ini bertujuan untuk



meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik di SMA Negeri 2 Labuapi melalui penerapan model pembelajaran *guided inquiry* berbantuan *virtual laboratory*. Sejalan dengan tujuan tersebut, maka hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah, terdapat pengaruh yang signifikan dari model pembelajaran *guided inquiry* berbantuan *virtual laboratory* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi acuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik, serta penelitian selanjutnya dalam topik yang relevan.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan model kuantitatif dengan desain *quasi-eksperiment* untuk memanipulasi variabel bebas, mengontrol variabel lain, dan mengamati dampaknya terhadap variabel terikat, guna menilai hubungan kausal antara variabel-variabel yang diteliti (Rukminingsih *et al.*, 2020). Desain penelitiannya pada penelitian ini berupa *pretest-posttest control group design* seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pretest-Posttest Control Group Design.

Kelas	Pre-Test	Perlakuan	Post-Test
Eksperimen	O ₁	X ₁	O ₁
Kontrol	O ₂	X ₂	O ₂

(Sumber: Setyosari, 2016).

Keterangan:

- O₁ = Pengukuran awal yang dilakukan sebelum pemberian intervensi atau perlakuan pada masing-masing kelompok;
O₂ = Pengukuran akhir yang dilakukan setelah intervensi atau perlakuan selesai diberikan;
X₁ = Perlakuan berupa pembelajaran dengan model *guided inquiry* berbantuan *virtual laboratory* pada kelas eksperimen; dan
X₂ = Perlakuan berupa pembelajaran konvensional pada kelas kontrol.

Populasi dan Sampel Penelitian

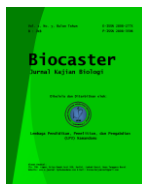
Penelitian ini dilakukan di SMA Negeri 2 Labuapi, Kecamatan Labuapi, Kabupaten Lombok Barat, pelaksanaannya pada semester genap 2024/2025. Populasi penelitian ini yaitu seluruh peserta didik kelas X semester genap SMA Negeri 2 Labuapi 2024/2025 yang terdiri dari 4 kelas. Sampel dalam penelitian ini ditentukan menggunakan teknik *cluster random sampling*. Peserta didik kelas X-B untuk kelas eksperimen dengan jumlah peserta didik 26 orang, sedangkan peserta didik X-C dengan jumlah 24 orang untuk kelas kontrol. Total peserta didik yang terlibat dalam penelitian ini adalah 50 peserta didik. Jumlah ini sudah memenuhi standar dari penelitian ini (Cohen *et al.*, 2018; Mursali *et al.*, 2024).

Instrumen penelitian

Instrumen penelitian merupakan sarana atau alat yang digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data. Dalam penelitian ini, instrumen yang digunakan adalah tes keterampilan berpikir kritis.

Tes Keterampilan Berpikir Kritis

Tes keterampilan berpikir kritis dirancang untuk mengukur kemampuan peserta didik dalam berpikir kritis. Instrumen ini berupa soal *essay* sebanyak 5 butir



yang disusun berdasarkan indikator keterampilan berpikir kritis, yaitu: 1) membangun keterampilan dasar; 2) memberi penjelasan sederhana; 3) memberikan penjelasan lebih lanjut; 4) menyimpulkan; dan 5) mengatur strategi dan taktik (Ennis, 2011). Setiap soal mewakili masing-masing indikator tersebut. Mulai dari soal pertama difokuskan untuk mengukur kemampuan peserta didik dalam mengidentifikasi informasi penting dari suatu situasi ilmiah. Soal kedua meminta peserta didik memberikan penjelasan singkat terhadap konsep atau fenomena terkait. Soal ketiga menilai kemampuan peserta didik dalam memberikan penjelasan lebih lanjut dengan menganalisis bukti, serta mengevaluasi argumen. Soal keempat mengharuskan mereka menyusun simpulan yang koheren berdasarkan informasi yang tersedia. Soal kelima dirancang untuk menilai kemampuan peserta didik dalam merancang strategi atau solusi terhadap permasalahan ilmiah tertentu.

Soal-soal tersebut diberikan dalam dua tahap, yaitu *pre-test* dan *post-test*. Setiap jawaban peserta didik dinilai menggunakan rubrik skala empat poin, yaitu: 1) skor 1 menunjukkan jawaban tidak relevan atau memiliki alasan yang lemah; 2) skor 2 menunjukkan penjelasan kurang memadai dengan logika yang terbatas; 3) skor 3 menunjukkan jawaban umumnya tepat dan logis; dan 4) skor 4 menunjukkan jawaban sangat akurat, lengkap, serta didukung oleh argumen yang kuat. Penilaian ini dilakukan berdasarkan empat aspek utama, yaitu: 1) pemahaman konsep; 2) penalaran logis; 3) kelengkapan isi jawaban; dan 4) relevansi jawaban terhadap konteks soal. Instrumen ini telah melalui proses validasi oleh para ahli dan dinyatakan layak serta andal untuk digunakan dalam mengukur keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Analisis data

Analisis data keterampilan berpikir kritis peserta didik dilakukan setelah data dari *pre-test* dan *post-test* terkumpul. Proses analisis melibatkan perbandingan antara hasil *pre-test* dan *post-test*.

Analisis Data Keterampilan Berpikir Kritis

Nilai keterampilan berpikir kritis peserta didik berdasarkan kategori kelompok menurut Purwanto (2014). Perhitungan menggunakan persamaan berikut ini.

$$NA = \frac{R}{SM} \times 100$$

Keterangan:

NA = Nilai akhir;

R = Skor yang diperoleh peserta didik; dan

SM = Skor maksimum ideal dari tes yang bersangkutan.

Uji N-Gain

Uji *N-Gain* dilakukan untuk mengetahui peningkatan hasil belajar sebelum dan sesudah pembelajaran dihitung dengan rumus *N-Gain* skor ternormalisasi Simbolon (2015). Persamaan untuk perhitungan *N-Gain* disajikan dalam rumus berikut ini.

$$G = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}}{\text{Skor Maksimal} - \text{Skor Pretest}}$$

Tabel 2. Kategori Skor *N-Gain*.

Kategori	Skor
Tinggi	$g > 0.7$
Sedang	$0.3 < g < 0.7$
Rendah	$g < 0$

Uji Hipotesis

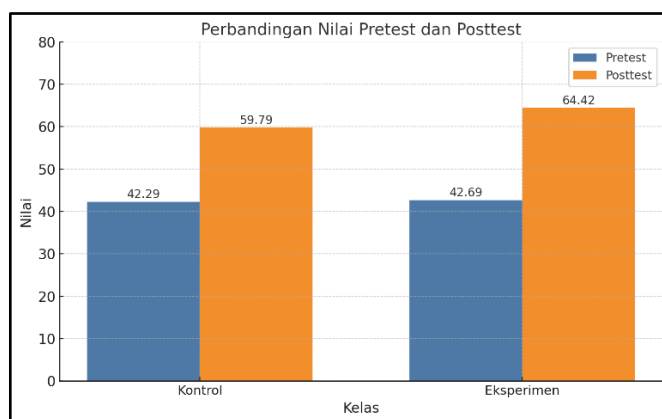
Uji hipotesis dalam penelitian ini menggunakan uji Analisis Kovarian (ANCOVA). Uji ANCOVA adalah model statistik yang digunakan untuk menguji perbedaan multivariat dengan mengintegrasikan aspek analisis regresi dan analisis *varians*. ANCOVA membantu menentukan, apakah hipotesis mengenai pengaruh model pembelajaran *guided inquiry* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik dapat diterima atau harus ditolak. Interpretasi pengaruh perlakuan dapat ditentukan dengan membandingkan nilai signifikansi yang diperoleh dari hasil uji dengan nilai *alpha* 0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menguraikan temuan dari analisis data mengenai pengaruh model pembelajaran *guided inquiry* yang didukung dengan *virtual laboratory* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Analisis mencakup uji *N-Gain* untuk menilai peningkatan hasil belajar, serta uji normalitas dan homogenitas untuk memastikan terpenuhinya asumsi statistik. Selanjutnya, uji ANCOVA digunakan untuk mengevaluasi efektivitas model pembelajaran dengan mengontrol skor *pre-test*. Temuan ini menjadi dasar dalam memahami pengaruh model terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

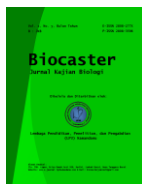
Hasil Uji *N-Gain*

Untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik sebelum dan sesudah perlakuan, dilakukan analisis menggunakan uji *N-Gain*. Berikut disajikan hasil analisis *N-Gain* pada kedua kelompok penelitian pada Gambar 1 dan Tabel 3.



Gambar 1. Keterampilan Berpikir Kritis.

Gambar 1 menggambarkan perkembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik yang diukur sebelum dan sesudah pembelajaran pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Peserta didik dalam kelompok eksperimen



memperoleh nilai rata-rata *post-test* 64,42 sedangkan kelompok kontrol hanya mencapai sekitar 59,79. Perbedaan yang mencolok ini menunjukkan bahwa integrasi pembelajaran berbasis *inquiry* dengan alat digital interaktif memberikan kerangka pembelajaran yang lebih efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Perbedaan ini memberikan gambaran awal mengenai pengaruh perlakuan pembelajaran yang diberikan. Untuk mengetahui sejauh mana peningkatan kemampuan tersebut, analisis lebih lanjut dilakukan melalui perhitungan nilai *N-Gain* pada masing-masing kelompok.

Tabel 3. Uji *N-Gain*.

Kelas	Test		<i>N-Gain</i>	Keterangan
	<i>Pre-Test</i>	<i>Post-Test</i>		
Kontrol	42.2917	59.7917	0.302	Sedang
Eksperimen	42.6923	64.4231	0.378	Sedang

Berdasarkan hasil analisis data, diperoleh bahwa rata-rata nilai *pre-test* peserta didik pada kelas kontrol adalah 42,29 dan meningkat menjadi 59,79 pada *post-test* dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,302 yang termasuk dalam kategori sedang. Sementara itu, kelas eksperimen memiliki rata-rata nilai *pre-test* sebesar 42,69 dan meningkat menjadi 64,42 pada *post-test* dengan nilai *N-Gain* sebesar 0,378 yang juga berada dalam kategori sedang. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah proses pembelajaran berlangsung. Meskipun kedua kelas mengalami peningkatan dalam keterampilan berpikir kritis setelah pembelajaran, peningkatan yang terjadi pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol, baik dari selisih nilai maupun nilai *N-Gain*. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan pada kelas eksperimen, seperti penggunaan model atau media pembelajaran tertentu, serta memberikan dampak positif terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa strategi pembelajaran yang diterapkan di kelas eksperimen lebih efektif dibandingkan pembelajaran konvensional yang digunakan di kelas kontrol dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

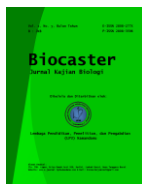
Hasil Uji Normalitas

Uji normalitas penting untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal, dan juga sebagai salah satu prasyarat dalam penggunaan uji statistik parametrik. Berikut disajikan hasil analisis uji normalitas pada Tabel 4.

Tabel 4. Uji Normalitas.

Keterampilan_Berpikir_Kritis		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
<i>Post-Test</i>	<i>Guided Inquiry-Virtual Lab.</i>	.122	26	.200*	.934	26	.098
	Konvensional	.132	24	.200*	.933	24	.115

Berdasarkan hasil analisis data *post-test* pada kedua kelompok, langkah selanjutnya adalah melakukan uji normalitas untuk mengetahui apakah data tersebut berdistribusi normal atau tidak. Dalam penelitian ini, model uji normalitas yang dijadikan acuan adalah hasil dari Shapiro-Wilk, karena uji ini lebih



direkomendasikan untuk jumlah sampel yang kurang dari 50 responden per kelompok, seperti pada penelitian ini. Berdasarkan hasil uji Shapiro-Wilk, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,098 untuk kelompok *guided inquiry* berbantuan *Virtual laboratory*, dan 0,115 untuk kelompok konvensional. Karena kedua nilai signifikansi tersebut lebih besar dari 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa data pada kedua kelompok berdistribusi normal. Dengan demikian, data memenuhi syarat untuk dilakukan analisis statistik selanjutnya menggunakan uji parametrik seperti ANCOVA.

Hasil Uji Homogenitas

Untuk memastikan bahwa kedua kelompok memiliki varians yang setara, dilakukan uji homogenitas. Hasil uji homogenitas disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji Homogenitas.

F	df1	df2	Sig.
2.517	1	48	.119

Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan varians yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Berdasarkan hasil *output* SPSS, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,119 dengan nilai F sebesar 2,517 serta derajat kebebasan $df1 = 1$ dan $df2 = 48$. Karena nilai signifikansi tersebut lebih besar dari 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan varians yang signifikan antara kelompok, atau dengan kata lain data memenuhi asumsi homogenitas. Dengan demikian, data dari kedua kelompok layak untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan ANCOVA.

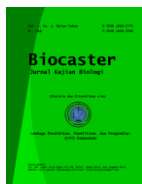
Hasil Uji Hipotesis ANCOVA

Untuk menguji pengaruh signifikan model pembelajaran terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah memperhitungkan nilai *pre-test*, dilakukan uji hipotesis menggunakan ANCOVA. Berikut akan disajikan hasil uji ANCOVA pada Tabel 6.

Tabel 6. Uji ANCOVA.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	3910.959 ^a	2	1955.479	46.022	.000	.662
Intercept	725.318	1	725.318	17.070	.000	.266
Pre-Test	3643.263	1	3643.263	85.744	.000	.646
Keterampilan_Berpikir_Kritis	223.069	1	223.069	5.250	.026	.100
Error	1997.041	47	42.490			
Total	199350.000	50				
Corrected Total	5908.000	49				

Berdasarkan hasil analisis data menggunakan uji ANCOVA (*Analysis of Covariance*), diperoleh nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,026 untuk variabel keterampilan berpikir kritis. Karena nilai tersebut lebih kecil dari 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah dikontrol oleh nilai *pre-test*. Artinya perlakuan yang diberikan, yaitu model pembelajaran *guided inquiry* berbantuan *virtual laboratory*



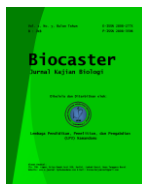
berpengaruh secara signifikan terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Hal ini juga didukung oleh nilai F_{hitung} sebesar 5,250 yang menunjukkan bahwa model pembelajaran tersebut memberikan kontribusi dalam peningkatan hasil belajar, khususnya dalam aspek berpikir kritis. Selain itu, nilai *partial eta squared* sebesar 0,100 menunjukkan bahwa pengaruh model pembelajaran terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis termasuk dalam kategori sedang, karena berada pada rentang 0,06 - 0,14. Dengan demikian, hasil ini memperkuat bahwa penggunaan model *guided inquiry* berbantuan *virtual laboratory* lebih efektif dibandingkan dengan pembelajaran konvensional dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Pembahasan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh model pembelajaran *guided inquiry* berbantuan *virtual laboratory* terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Hasil uji ANCOVA menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,026 < 0,05$ yang berarti terdapat pengaruh signifikan dari model pembelajaran tersebut terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis. Temuan ini menjawab rumusan masalah sekaligus mencapai tujuan penelitian, yaitu membuktikan bahwa model pembelajaran *guided inquiry* dengan bantuan PhET mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik secara signifikan dibandingkan dengan model pembelajaran konvensional. Keberhasilan model ini dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis tidak terlepas dari karakteristik model *guided inquiry* itu sendiri yang mendorong peserta didik untuk aktif mengeksplorasi, menganalisis, dan menyimpulkan konsep melalui pengalaman belajar langsung meskipun dilakukan secara virtual.

Model pembelajaran *guided inquiry* berbantuan *virtual laboratory* menempatkan peserta didik sebagai pusat aktivitas dalam proses pembelajaran. Proses pembelajaran tersebut peserta didik menggunakan seluruh kemampuan yang dimilikinya dan yang dimiliki lingkungannya. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa menggabungkan *guided inquiry* dengan simulasi PhET menghasilkan peningkatan yang nyata dalam keterlibatan peserta didik dan kemampuan berpikir kritis (Marina *et al.*, 2024). Peserta didik memanfaatkan pengetahuan awal dan sumber daya yang tersedia di lingkungan belajar untuk menyelesaikan permasalahan yang disajikan melalui simulasi interaktif. Pendidik berperan sebagai motivator dengan memulai proses pembelajaran melalui pertanyaan-pertanyaan pemantik, salah satunya seperti “Bisakah kalian memprediksi hasil simulasi ini berdasarkan pemahaman kalian sebelumnya?” Secara bersamaan, pendidik juga berperan sebagai fasilitator, mendampingi peserta didik saat mereka menjelajahi fitur-fitur simulasi PhET, memberikan arahan saat mereka mengalami kesulitan, serta mendorong diskusi kolaboratif untuk menganalisis hasil eksperimen secara kritis (Rahayu *et al.*, 2023).

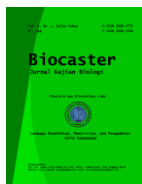
Pendidik diperlukan untuk membuat rancangan kegiatan belajar mengajar secara holistik, memilih cara serta model pembelajaran yang tepat, serta menciptakan suasana kelas yang aman, nyaman, dan berpihak pada kebutuhan, serta keberagaman peserta didik, sehingga proses belajar menjadi lebih bermakna dan berdampak jangka panjang (Basyori, 2025). Keterlibatan aktif peserta didik dalam merancang dan melaksanakan kegiatan pembelajaran menambah relevansi dan



kedalaman proses belajar, karena mereka tidak hanya memahami konsep teoritis, tetapi juga mampu menerapkannya melalui pemecahan masalah secara kolaboratif, serta komunikasi lisan dan tulisan yang efektif (Utami *et al.*, 2025). Model pembelajaran seperti ini menumbuhkan keterampilan hidup penting, seperti berpikir kritis, komunikasi interpersonal, dan sikap inklusif yang sangat diperlukan untuk mempersiapkan peserta didik menghadapi kompleksitas dunia kerja modern dan lingkungan sosial yang beragam.

Penggunaan *virtual laboratory* memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk terlibat dalam eksplorasi ilmiah yang biasanya terbatas oleh kendala fisik atau logistik. Peserta didik yang mengikuti pembelajaran berbasis *guided inquiry* tidak hanya menerima materi secara pasif, tetapi turut serta secara aktif dalam proses belajar yang terstruktur dan menantang secara kognitif yang meliputi tahapan observasi, identifikasi masalah, perumusan hipotesis, pelaksanaan eksperimen virtual, hingga penarikan simpulan berdasarkan bukti. Pendekatan pembelajaran sains berbasis inkuiri mendorong peserta didik untuk secara aktif menyelidiki konsep-konsep ilmiah melalui eksperimen praktis dan pemecahan masalah, dengan melibatkan mereka dalam proses mengajukan pertanyaan, merancang eksperimen, serta menarik simpulan berdasarkan bukti, bukan sekadar menghafal materi dari buku teks (Kotsis, 2024). Pada tahap awal observasi, peserta didik dilatih untuk lebih teliti dan mampu mengenali pola atau data yang relevan kemampuan dasar dalam berpikir kritis. Tahap perumusan masalah mengharuskan peserta didik menyusun pertanyaan yang bermakna dan berbasis penyelidikan yang mendorong pemikiran reflektif dan divergen. Saat merumuskan hipotesis, mereka menyusun prediksi yang beralasan berdasarkan pengetahuan sebelumnya, sehingga mengembangkan kemampuan berpikir logis yang terstruktur. Tahap eksperimen virtual yang difasilitasi oleh media seperti PhET, memungkinkan peserta didik menguji hipotesis, serta menganalisis hubungan antar variabel dan menginterpretasikan data komponen penting dalam penalaran evaluatif dan analitis. Pada tahap sintesis akhir, peserta didik mengonsolidasikan temuan mereka dan menyusun argumen berdasarkan bukti empiris yang memperkuat kemampuan mereka dalam bernalar secara induktif dan mengkomunikasikan simpulan secara jelas (Yulianti *et al.*, 2021).

Pengembangan keterampilan berpikir kritis melalui model ini tidak semata-mata berasal dari penggunaan teknologi, melainkan terutama dari keterlibatan terstruktur dalam tugas-tugas kognitif yang menantang di setiap tahap proses *inquiry*. Pendekatan ini memberdayakan peserta didik untuk membangun pengetahuan melalui pembelajaran yang disengaja, reflektif, dan diarahkan secara mandiri. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan sebelumnya oleh Gunawan *et al.* (2019) yang menyoroti efektivitas pembelajaran *guided inquiry* berbantuan *virtual laboratory* dalam meningkatkan keterlibatan dan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Demikian pula, Hermansyah *et al.* (2019) melaporkan bahwa integrasi lingkungan *virtual laboratory* dalam pembelajaran *guided inquiry* mampu memperdalam pemahaman konsep peserta didik. Namun, sebagian besar penelitian tersebut dilakukan di sekolah dengan fasilitas laboratorium yang memadai atau dalam kondisi pembelajaran yang ideal, sehingga kurang merepresentasikan realitas sekolah-sekolah yang memiliki keterbatasan sarana.



Sebaliknya, penelitian ini memperluas cakupan literatur yang ada dengan menunjukkan bahwa model *guided inquiry* tetap dapat diterapkan secara efektif dalam lingkungan belajar yang terbatas, selama teknologi berbasis simulasi seperti PhET digunakan secara terintegrasi. Konteks ini, teknologi tidak hanya berperan sebagai pelengkap, melainkan sebagai solusi strategis untuk mengatasi keterbatasan fasilitas. Selain itu, penelitian ini mengisi celah dalam penelitian terdahulu dengan menggunakan pendekatan statistik yang kuat, yaitu ANCOVA untuk memastikan bahwa peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik benar-benar berasal dari perlakuan pembelajaran yang diberikan, bukan dari faktor luar yang tidak terkontrol. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkuat validitas model pembelajaran yang telah ada, tetapi juga menunjukkan potensi adaptasi dan skalabilitasnya dalam lingkungan digital dengan keterbatasan infrastruktur.

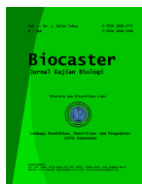
Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, pelaksanaan penelitian hanya dilakukan dalam kurun waktu terbatas. Kedua, penggunaan *virtual laboratory* (PhET) memerlukan perangkat teknologi yang memadai yang belum tentu tersedia merata di semua sekolah. Ketiga, indikator berpikir kritis yang digunakan masih terbatas pada aspek yang dapat diukur secara tes tertulis, padahal berpikir kritis juga mencakup aspek afektif dan keterampilan kolaboratif yang perlu dikaji lebih lanjut. Keterbatasan ini membuka ruang untuk penelitian lanjutan, terutama dalam pengembangan pendekatan holistik dan penggunaan teknologi yang lebih inklusif.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa model pembelajaran *guided inquiry* yang didukung oleh *virtual laboratory* secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Hal ini dibuktikan melalui hasil analisis ANCOVA dengan nilai signifikansi 0,026 ($p < 0,05$). Model ini terbukti lebih efektif dibandingkan pembelajaran tradisional dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Peningkatan tersebut mencakup kemampuan menganalisis informasi, mengevaluasi argumen, serta menarik simpulan logis dari data. Proses pembelajaran melibatkan tahapan ilmiah, seperti perumusan masalah, penyusunan hipotesis, eksperimen virtual, hingga interpretasi hasil. Pendekatan ini mendorong pola pikir yang terstruktur, analitis, dan reflektif. Integrasi antara *inquiry* dan teknologi digital memberikan solusi pembelajaran sains yang sesuai dengan tuntutan abad 21. Model ini tidak hanya efektif secara pedagogis, tetapi juga relevan dalam menyiapkan peserta didik menghadapi dunia kerja digital.

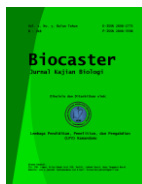
SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, diharapkan kepada pendidik agar dapat menggunakannya untuk mendukung proses pembelajaran. Selain itu, pada penelitian selanjutnya dapat melaksanakan penelitian pada materi yang lain dalam ruang lingkup yang lebih luas. Serta adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan media lain yang lebih inovatif dan kreatif, sehingga dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik. Penelitian lanjutan ini diharapkan mampu mengeksplorasi berbagai pendekatan pembelajaran berbasis teknologi maupun metode interaktif yang sesuai dengan karakteristik peserta didik.

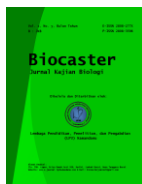


DAFTAR RUJUKAN

- Anggraini, N., Suana, W., & Sesunan, F. (2020). Pengaruh Penerapan *Blended Learning* pada Materi Hukum Newton tentang Gerak terhadap Motivasi Belajar dan Kemampuan Pemecahan Masalah. *Tarbawi : Jurnal Ilmu Pendidikan*, 16(1), 22-36. <https://doi.org/10.32939/tarbawi.v16i01.520>
- Anisa, A. R., Ipungkarti, A. A., & Saffanah, K. N. (2021). Pengaruh Kurangnya Literasi serta Kemampuan dalam Berpikir Kritis yang Masih Rendah dalam Pendidikan di Indonesia. *Current Research in Education : Conference Series Journal*, 1(1), 1-12.
- Azra, K. I. Y., & Nurita, T. (2025). Penerapan Pembelajaran Inkuiri Terbimbing pada Siswa SMP untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Materi Kalor. *Biochephy : Journal of Science Education*, 5(1), 302-308. <https://doi.org/10.52562/biochephy.v5i1.1478>
- Basyori, S. I. (2025). Peranan Guru sebagai Fasilitator dalam Dunia Pendidikan Modern. *Syntax Idea*, 7(4), 559-564. <https://doi.org/10.46799/syntaxidea.v7i4.12827>
- Chotimah, A. N., Setyawarno, D., & Rosana, D. (2023). Effect of Guided Inquiry Model by PhET Simulations Worksheet on Science Process Skills and Mastery of Concepts. *Journal of Science Education Research*, 7(2), 100-105. <https://doi.org/10.21831/jsr.v7i2.63953>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (20018). *Research Methods in Education (8th Ed.)*. Oxfordshire: Routledge Taylor and Francis Group.
- Defianti, A., Hamdani, D., & Syarkowi, A. (2021). Penerapan Metode Praktikum Virtual Berbasis Simulasi PhET Berbantuan *Guided-Inquiry Module* untuk Meningkatkan Pengetahuan Konten Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 11(1), 47-55. <https://doi.org/10.23887/jjpf.v11i1.33288>
- Ennis, R. H. (2011). *The Nature of Critical Thinking : An Outline of Critical Thinking Dispositions and Abilities*. Campaign: University of Illinois.
- Fatimah, Z., Rizaldi, D. R., Jufri, A. W., & Jamaluddin, J. (2020). Model Inkuiri Terbimbing Berbantuan Laboratorium Virtual untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, dan Geofisika*, 1(2), 28-32. <https://doi.org/10.29303/goescienceedu.v1i2.45>
- Gunawan, G., Harjono, A., Hermansyah, H., & Herayanti, L. (2019). Guided Inquiry Model through Virtual Laboratory to Enhance Students' Science Process Skills on Heat Concept. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 38(2), 259-268. <https://doi.org/10.21831/cp.v38i2.23345>
- Hermansyah, H., Gunawan, G., Harjono, A., & Adawiyah, R. (2019). Guided Inquiry Model with Virtual Labs to Improve Students' Understanding on Heat Concept. *Journal of Physics : Conference Series*, 1153(1), 1-5. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1153/1/012116>
- Khaeruddin, K. (2017). Model Pembelajaran Fisika Berbasis Keterampilan Proses Sains untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Disertasi*. Universitas Negeri Surabaya.
- Kotsis, K. T. (2024). Significance of Experiments in Inquiry-Based Science Teaching. *European Journal of Education and Pedagogy*, 5(2), 86-92. <https://doi.org/10.24018/ejedu.2024.5.2.815>



- Mardiyanti, N. E. A., & Jatmiko, B. (2022). Keefektifan Pembelajaran Fisika dengan Model Inkuiri Terbimbing Berbantuan PhET *Interactive Simulations* untuk Meningkatkan Kemampuan Berfikir Kritis Siswa SMA. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(2), 327-336. <https://doi.org/10.20527/jipf.v6i2.5281>
- Marina, D., Marwanti, K., & Astra, I. M. (2024). Improving Critical Thinking Using a Guided Inquiry Approach Assisted by PhET Simulations in Wave Material. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 15(4), 367-371. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v15i4.717>
- Mursali, S., Hastuti, U. S., Zubaidah, S., & Rohman, F. (2023). Development of a Moodle-Assisted Guided Inquiry Model for General Biology E-Learning to Enhance the Student' Critical Thinking Dispositions. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(Special Issue), 280-291. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9ispecialissue.6282>
- Mursali, S., Hastuti, U. S., Zubaidah, S., & Rohman, F. (2024). Guided Inquiry with Moodle to Improve Students' Science Process Skills and Conceptual Understanding. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 13(3), 1875-1884. <https://doi.org/10.11591/ijere.v13i3.27617>
- Rahayu, W., Tazkiyah, E., Murtadho, N., & Arifin, S. (2023). The Role of Teacher Ethics in Developing Student Character in School. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 7(3), 546-557. <https://doi.org/10.23887/jisd.v7i3.55245>
- Rasyidah, K., Supeno, S., & Maryani, M. (2018). Pengaruh *Guided Inquiry* Berbantu PhET *Simulations*. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(2), 129-134. <https://doi.org/10.19184/jpf.v7i2.7918>
- Riana, Y. J. (2024). Studi Meta Analisis: Model *Guided Inquiry* terhadap Berpikir Kritis. *Diploma Thesis*. UIN Raden Intan Lampung.
- Rizka, R., Niko, N., Husaini, H., Ihsan, I., & Arlina, A. (2025). Implementasi Strategi Pembelajaran *Problem Based Learning* pada Mata Pelajaran Akidah Akhlak di SMP Swasta IT Ikhwanul Muslimin. *Analysisn : Journal of Education*, 3(1), 1-10.
- Rosmalinda, N., Syahbana, A., & Nopriyanti, T. D. (2021). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP dalam Menyelesaikan Soal-soal Tipe PISA. *Transformasi : Jurnal Pendidikan Matematika dan Matematika*, 5(1), 483-496. <https://doi.org/10.36526/tr.v5i1.1185>
- Rukminingsih, R., Adnan, G., & Latief, M. A. (2020). *Metode Penelitian Pendidikan: Penelitian Kuantitatif, Penelitian Kualitatif, Penelitian Tindakan Kelas*. Yogyakarta: Erhaka Utama.
- Sa'adah, M., Suryaningsih, S., & Muslim, B. (2020). Pemanfaatan Multimedia Interaktif pada Materi Hidrokarbon untuk Menumbuhkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 6(2), 184-194. <https://doi.org/10.21831/jipi.v6i2.29680>
- Safrida, L. N., Ambarwati, R., Adawiyah, R., & Albirri, E. R. (2018). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika. *Edu-Mat : Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(1), 10-16. <https://doi.org/10.20527/edumat.v6i1.5095>
- Saleh, F. M., Riandi, R., & Surtikanti, H. K. (2024). Laboratorium Konvensional



- VS Laboratorium Virtual dalam Efektivitas dan Motivasi Pembelajaran Biologi: Studi Literatur. *Jurnal Jeumpa*, 11(1), 13-24. <https://doi.org/10.33059/jj.v11i1.9143>
- Sartini, S., & Mulyono, R. (2022). Analisis Implementasi Kurikulum Merdeka Belajar untuk Mempersiapkan Pembelajaran Abad 21. *Didaktik : Jurnal Ilmiah PGSD STKIP Subang*, 8(2), 1348-1363. <https://doi.org/10.36989/didaktik.v8i2.392>
- Simbolon, D. H. (2015). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbasis Eksperimen Riil dan Laboratorium Virtual terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 21(3), 299-316. <https://doi.org/10.24832/jpnk.v21i3.192>
- Siskayanti, W. D., Nurhidayati, S., & Safnowandi, S. (2022). Pengaruh Model *Problem Based Instruction* Dipadu dengan Teknik *Probing Prompting* terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Kognitif. *Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 2(2), 94-112. <https://doi.org/10.36312/pjipst.v2i2.76>
- Soraya, A. N., & Handayani, S., & Sucipto, S. (2024). Pengaruh Keterampilan *Critical Thinking, Communication, Collaboration, and Creativity* (4C) terhadap Hasil Belajar Siswa pada Penerapan Model Pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) Elemen Produk Kreatif dan Kewirausahaan di SMK Negeri 2 Kendal. *Scaffolding*, 13(2), 45-56. <https://doi.org/10.15294/scaffolding.v13i2.7774>
- Utami, P. R., Rahmawati, L., & Noktaria, M. (2025). Pengembangan Kompetensi dan *Soft Skill* dalam Implementasi Kurikulum Merdeka : Tinjauan Literatur. *Manajerial : Jurnal Inovasi Manajemen dan Supervisi Pendidikan*, 5(1), 55-65. <https://doi.org/10.51878/manajerial.v5i1.4734>
- Wulansari, F. W., & Dewi, N. R. (2022). Development of Guided Inquiry Learning Tools Using Socio-Scientific Issue to Train Critical Thinking Ability and Care for the Environment of Students. *Journal of Environmental and Science Education*, 2(1), 7-19. <https://doi.org/10.15294/jese.v2i1.50465>
- Yulianti, E., Zhafirah, N. N., & Hidayat, N. (2021). Exploring Guided Inquiry Learning with PhET Simulation to Train Junior High School Students Think Critically. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 9(1), 96-104. <https://doi.org/10.20527/bipf.v9i1.9617>