



Pengaruh Model Inkuiri Terbimbing Menggunakan Laboratorium Riil dan Virtual terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Kolaborasi Siswa

Firmansyah Simanjuntak¹ Derlina²

Fisika, Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan, Sumatera Utara, Indonesia^{1,2}

Email: firmansyahsimanjuntak5@gmail.com¹ derlina@unimed.ac.id²

Abstrak

Kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa masih dikategorikan rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dan peningkatan model inkuiri terbimbing menggunakan laboratorium riil dan virtual terhadap kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa pada materi fluida statis di kelas XI SMA. Metode penelitian yang digunakan berupa kuasi eksperimen dengan desain *pretest-posttest nonivalent group design*. Populasi penelitian seluruh siswa kelas XI SMA Negeri 1 Sunggal yang berjumlah 12 kelas. Sampel penelitian terdiri dari 2 kelas yaitu kelas XI-8 sebagai kelas eksperimen I diterapkan model inkuiri terbimbing menggunakan laboratorium riil dan kelas XI-1 sebagai kelas eksperimen II diterapkan model inkuiri terbimbing menggunakan laboratorium virtual, kedua kelas sampel masing-masing berjumlah 35 siswa. Sampel dipilih dengan teknik *purposive sampling*. Instrumen kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi sudah divalidasi oleh ahli. Hasil *pretest* dan *posttest* berpikir kritis kelas eksperimen I sebesar 30,81 dan 75,36, pada kelas eksperimen II nilai *pretest* 33,86 dan *posttest* 72,55. Hasil observasi awal dan akhir kemampuan kolaborasi kelas eksperimen I sebesar 39,48 dan 78,14, pada eksperimen II observasi awal dan akhir sebesar 39,33 dan 74,24. Data dianalisis menggunakan uji t dua pihak, uji *Man Whitney*, *Multiivariate Analysis of Variance* (MANOVA), dan N-gain. Hasil uji t dua pihak menunjukkan kesamaan kemampuan awal berpikir kritis, uji *Man Whitney* menunjukkan kemampuan awal kolaborasi siswa sama. Hasil uji MANOVA diperoleh ada pengaruh yang signifikan penerapan model inkuiri terbimbing menggunakan laboratorium riil dan virtual terhadap kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa. Peningkatan N-gain kelas eksperimen I kemampuan berpikir kritis sebesar 0,65 dan kolaborasi sebesar 0,64 dikategorikan sedang. Peningkatan N-gain kelas eksperimen II kemampuan berpikir kritis sebesar 0,58 dan kolaborasi sebesar 0,57 dikategorikan sedang.

Kata Kunci: Inkuiri terbimbing, Berpikir Kritis, Kolaborasi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

PENDAHULUAN

Pendidikan abad 21 sangat penting untuk menghasilkan sumber daya manusia berkualitas, unggul, dan memiliki daya saing. Sistem pembelajaran yang baik adalah proses yang mengacu pembelajaran abad 21 (Lestari *et al.*, 2023). Kemampuan yang saling terkait dan melengkapi adalah berpikir kritis dan kolaborasi karena berpikir kritis membantu individu menganalisis, mengevaluasi, dan memecahkan masalah secara efektif, sementara kolaborasi memungkinkan bekerja sama dengan orang lain untuk mencapai tujuan bersama. Kemampuan kolaborasi memerlukan berpikir kritis untuk memberikan ide yang tepat, menawarkan solusi yang rasional, dan mengevaluasi pendapat serta masukan dari anggota tim (Fitriah *et al.*, 2025). Ennis (2011) menjelaskan berpikir kritis adalah kemampuan berpikir reflektif yang berfokus pada pola pengambilan keputusan tentang apa yang harus diyakini dan harus dilakukan. Tujuan melatih kemampuan berpikir kritis kepada siswa adalah untuk menyiapkan siswa menjadi seorang pemikir kritis, mampu memecahkan masalah, dan menjadi pemikir independen, sehingga mereka dapat menghadapi kehidupan, mengatasi setiap masalah yang dihadapi, dan membuat keputusan dengan tepat dan bertanggung jawab. Facione (2015)

menjelaskan definisi berpikir kritis adalah penggunaan bukti, konsep, metode, kriteria, atau pertimbangan kontekstual yang menjadi dasar untuk mengambil keputusan tentang sesuatu pada interpretasi, analisis, evaluasi, kesimpulan, dan pengungkapan. Menurut Ennis (1994) indikator berpikir kritis terdiri dari (a) memberikan penjelasan sederhana (*elementary clarification*); (b) membangun kemampuan dasar (*basic support*); (c) membuat inferensi (*inferring*); (d) membuat penjelasan lebih lanjut (*advanced clarification*); (e) mengatur strategi dan taktik (*strategies and tactics*). Firman dkk (2023) menjelaskan kemampuan kolaborasi adalah kecakapan yang harus dimiliki seseorang untuk dapat bekerja sama dan bertoleransi secara efektif dengan anggota tim, serta melatih kelancaran pengambilan keputusan untuk mencapai kesepakatan bersama. Roekel (2011) menjelaskan kolaborasi merupakan upaya yang menunjukkan kemampuan bekerja secara efektif dan saling menghormati dengan tim yang berbeda-beda guna mencapai tujuan bersama dengan tanggung jawab bersama. Indikator kemampuan kolaborasi yang digunakan pada penelitian tersebut menurut Greenstain (2012) yaitu: (a) berkontribusi secara aktif; (b) bekerja secara produktif; (c) bertanggung jawab; (d) menunjukkan fleksibilitas atau kompromi; (e) menghargai orang lain.

Berpikir kritis dalam pembelajaran fisika sangat penting karena dituntut menganalisis argumen, memberikan solusi, dan evaluasi terlihat dari beberapa penelitian contoh pada topik pembiasan cahaya, siswa diminta menganalisis fenomena sedotan yang tampak patah dalam gelas yang berisi air, siswa mengungkapkan argumen “air memperbesar bayangan benda” atau “cahaya merubah arah”. Siswa mengevaluasi setiap argumen, memverifikasi, dan membuat kesimpulan. Penelitian serupa topik gerak vertikal, siswa diberi kondisi benda yang berat akan jatuh lebih cepat dibanding benda yang ringan. Siswa perlu mempertimbangkan hambatan udara yang bekerja pada benda, sehingga siswa dapat menyimpulkan konsep yang relevan (Ubaidillah *et al.*, 2023; Sihalohe *et al.*, 2021; Pfefferova & Plesch, 2025; Siddiqui, 2022). Kemampuan kolaborasi memfasilitasi *co-construction* pengetahuan contoh pada materi mekanika kuantum yang bersifat abstrak, siswa saling menjelaskan konseptual masing-masing, mengoreksi kesalahan penalaran, mengidentifikasi ketidaksesuaian strategi penyelesaian, merevisi pemahaman berdasarkan argumentasi bersama, sehingga membantu peserta didik mengoreksi batas konseptual, mengoreksi miskonsepsi, dan mengurangi beban kognitif yang tinggi akibat materi yang kompleks (Brundage *et al.*, 2023; Danzglock *et al.*, 2026).

Hasil observasi proses pembelajara fisika, ditemukan bahwa pembelajaran berlangsung belum menggunakan model pembelajaran secara utuh. Pembelajaran cenderung menggunakan metode ceramah, tanya jawab, dan diskusi serta demonstrasi dalam menyampaikan konsep. Guru kurang memberikan kesempatan pada siswa melakukan investigasi di laboratorium. Kegiatan belajar belum melibatkan aktivitas kolaborasi, siswa cenderung bekerja secara individual. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa masih perlu ditingkatkan. Hasil wawancara dengan guru fisika menunjukkan bahwa sekolah telah menerapkan Kurikulum Merdeka. Guru menginformasikan bahwa menyusun perangkat pembelajaran secara lengkap untuk mendukung proses pembelajaran yang terstruktur. Guru menjelaskan proses pembelajaran menggunakan perangkat yang telah disiapkan, termasuk Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), media pembelajaran, dan model serta pendekatan pembelajaran yang bervariasi dan diarahkan pada pengembangan kemampuan berpikir kritis. Hasil observasi menunjukkan kondisi yang berbeda terlihat dari sintaks pembelajaran yang direncanakan tidak dijalankan dan pembelajaran masih didominasi oleh metode ceramah, diskusi, dan tanya jawab. Kegiatan kolaborasi siswa hampir tidak terliht. Kesenjangan perencanaan guru, dan pelaksanaan di kelas menunjukkan bahwa implementasi pembelajaran belum sepenuhnya mendukung peningkatan kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi peserta didik secara nyata.

Berdasarkan masalah yang telah ditemukan, diperlukan suatu proses pembelajaran yang dapat mengatasi rendah kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa. Implementasi model pembelajaran inkuiri terbimbing merupakan solusi yang diberikan peneliti untuk mengatasi permasalahan tersebut. Sarifah dan Nurita (2023) menjelaskan model pembelajaran *guided inquiry* adalah proses yang menjadikan siswa berpartisipasi aktif dalam memperoleh pengetahuan ilmiah dengan cara melakukan penyelidikan. Guru tidak menyajikan hasil secara langsung, namun menekankan siswa untuk berpikir logis, analitis, dan kritis dalam kegiatan pemerolehan jawaban. Guru berperan sebagai fasilitator, organisator, dan pemberi arahan yang mengarahkan siswa untuk berdiskusi dan bereksperimen dalam suatu kelompok.

Berdasarkan penelitian terdahulu, penerapan inkuiri terbimbing terbukti meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi. Terdapat penelitian membandingkan penggunaan laboratorium riil maupun virtual. Peneliti tidak menemukan penelitian yang mengintegrasikan model inkuiri terbimbing pada laboratorium riil dan virtual untuk menganalisis pengaruh terhadap kemampuan abad 21 secara khusus kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi. Kebaruan penelitian terletak pada kombinasi variabel model inkuiri terbimbing pada dua jenis laboratorium (riil dan virtual) untuk menganalisis pengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa secara khusus pada pembelajaran fisika. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh model inkuiri terbimbing menggunakan laboratorium riil dan virtual terhadap kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa dan untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa.

Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Penulis/Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Kontribusi dan relevansi
1	(Sarifah & Nurita, 2023)	Implementasi Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Kolaborasi Siswa	Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan peningkatan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi siswa dengan menggunakan model pembelajaran inkuiri terbimbing	Jenis penelitian yang digunakan ialah pre-experimental dengan one group pretest-posttest design. Subjek dalam penelitian ini melibatkan 32 siswa kelas VII. Teknik pengumpulan data menggunakan tes dan observasi dengan instrumen berupa tes tertulis dan lembar observasi keterampilan kolaborasi.	Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa implementasi model pembelajaran inkuiri terbimbing dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa.	menunjukkan bahwa inkuiri terbimbing mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi. Menguatkan dasar teoritis bahwa inkuiri terbimbing berpotensi meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi siswa.
2	(Afiyah & Zulkarnaen, 2025)	Penerapan Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kolaborasi Siswa pada Pembelajaran IPAS SD	Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis efektivitas penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi siswa di kelas VI B SDN 04 Nagur.	Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan teknik pengumpulan data berupa observasi, wawancara, dan dokumentasi untuk mengeksplorasi penerapan model inkuiri terbimbing yang disesuaikan dengan karakteristik siswa, seperti minat, gaya belajar, tingkat pemahaman serta usia siswa pada tahap operasional konkret	Simpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi siswa, serta relevan untuk diterapkan dalam pembelajaran IPAS	Penelitian membuktikan inkuiri terbimbing efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi siswa pada konteks IPAS. Mendukung relevansi penerapan model pada pembelajaran fisika.



					kontekstual berbasis karakter lokal.	
3	(Simbolon & Silalahi, 2023)	<i>Physics Learning Using Guided Inquiry Models Based on Virtual Laboratories and Real Laboratories to Improve Learning</i>	Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh metode eksperimen yang dipadukan dengan model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis eksperimen virtual dan nyata terhadap hasil belajar fisika.	Penelitian berjenis kuasi eksperimen. Sampel penelitian adalah kelas XI IPA 1 (32 orang) untuk kelompok eksperimen dan kelas XI IPA 2 (32 orang) untuk kelompok kontrol. Dalam penelitian ini teknik cluster sampling yang digunakan adalah random sampling. Teknik pengumpulan data dalam penelitian berupa instrumen tes hasil belajar di awal (pretest) dan di akhir pembelajaran (posttest).	Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa eksperimen virtual dan eksperimen nyata dapat meningkatkan hasil belajar fisika siswa yang dibuktikan dengan adanya perbedaan skor rerata hasil belajar siswa pada kelas eksperimen dibandingkan kelas kontrol.	Penelitian membandingkan penggunaan laboratorium riil dan virtual dalam pembelajaran Fisika, namun fokus terhadap hasil belajar. Penelitian tersebut menjadi dasar penggunaan dua jenis laboratorium terhadap keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi.
4	(Lestari et al., 2023)	<i>The Influence of Guided Inquiry Learning Strategies Assisted with Virtual Laboratories in Thematic Learning on The Critical Thinking Abilities of Primary School Students</i>	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan kemampuan berpikir kritis antara siswa yang diajar menggunakan strategi pembelajaran inkuiri terbimbing dengan bantuan laboratorium virtual dan siswa yang diajar menggunakan strategi inkuiri terbimbing tanpa bantuan laboratorium virtual dalam pembelajaran tematik di kelas V sekolah dasar.	Jenis penelitian ini adalah kuasi-eksperimental, sedangkan desain penelitian yang digunakan adalah desain kelompok kontrol tidak setara. Teknik pengambilan sampel menggunakan pengambilan sampel nonprobabilitas dengan teknik pengambilan sampel jenuh. Sementara itu, instrumen dalam penelitian ini adalah tes.	Disimpulkan bahwa terdapat perbedaan kemampuan berpikir kritis antara siswa yang diajar dengan menggunakan strategi pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan lab virtual dengan yang diajar dengan menggunakan strategi inkuiri terbimbing tanpa berbantuan lab virtual pada pembelajaran.	Peneliti menggunakan inkuiri terbimbing dengan laboratorium virtual hanya mengukur keterampilan berpikir kritis. Menjadi dasar peneliti untuk melakukan penelitian terkait penggunaan inkuiri terbimbing dengan laboratorium riil dan virtual terhadap keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi.
5	(Nurhalisa et al., 2025)	<i>Enhancing Critical Thinking Skills Through the Guided Inquiry Learning Model in Science Education</i>	Penelitian ini menyelidiki peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa melalui implementasi model pembelajaran inkuiri terbimbing dalam pengajaran sains untuk siswa kelas delapan di MTs Negeri 2 Kota Palu.	Menggunakan desain kelompok kontrol pra-uji-pasca-uji non-ekuivalen kuasi-eksperimental, penelitian ini melibatkan dua kelas, dengan kelompok eksperimen menerima pengajaran melalui model pembelajaran inkuiri terbimbing dan kelompok kontrol diajar menggunakan model pembelajaran konvensional.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran inkuiri terbimbing secara efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam pendidikan sains.	Penelitian menunjukkan inkuiri terbimbing efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis, namun tidak menggunakan variasi laboratorium.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian termasuk penelitian *quasi experiment* yang melibatkan pemberian perlakuan kepada subjek tanpa dilakukan pengacakan pada subjek. Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 1 Sunggal, Kec. Sunggal, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara. Populasi terdiri dari seluruh siswa kelas XI. Teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling* yaitu

dipilih sampel dengan pertimbangan tertentu. Sampel dipilih kelas XI-8 sebagai kelas eksperimen I berjumlah 35 orang dan kelas XI-1 sebagai eksperimen II berjumlah 35 orang. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan observasi, wawancara, tes, dan dokumentasi. Observasi dilakukan pada proses pembelajaran fisika untuk mengetahui kondisi pembelajaran dan kemampuan kolaborasi siswa, wawancara dilakukan kepada guru fisika untuk mendapat gambaran langsung terkait proses pembelajaran, instrumen tes berpikir kritis dilakukan untuk mengetahui kemampuan berpikir kritis siswa pada saat *pretest* dan *posttest*. Soal kemampuan berpikir kritis sudah divalidasi oleh ahli dan telah validasi konstruk berupa uji validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, daya beda. Lembar observasi kolaborasi telah divalidasi oleh ahli. Validasi dilakukan oleh dua orang validator yaitu dosen fisika di Universitas Negeri Medan. Dokumentasi dilakukan guna sebagai bahan luaran berupa video pembelajaran dan bukti terlaksana penelitian.

Analisis data diawali dengan uji prasyarat berupa uji normalitas menggunakan *Shapiro Wilks* dan uji homogenitas menggunakan uji *Levene's* terhadap data kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi. Data *pretest* dianalisis untuk mengetahui kemampuan awal siswa pada kedua kelas sampel. Kemampuan berpikir kritis menggunakan uji t dua pihak dan kemampuan kolaborasi menggunakan uji *Mann Whitney U*. Data *posttest* dianalisis menggunakan uji *Multivariate Analysis of Variance* (MANOVA) untuk melihat pengaruh model inkuiri menggunakan laboratorium riil dan virtual terhadap kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi secara simultan. Peningkatan kemampuan siswa dianalisis menggunakan Uji N-gain. Pengujian dilakukan menggunakan bantuan aplikasi *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) dengan versi 22.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian

Kelas eksperimen I dan kelas eksperimen II terlebih dahulu diberikan *pretest* untuk mengetahui kemampuan awal terhadap kemampuan berpikir kritis dan dilakukan observasi awal kemampuan kolaborasi sebelum diberi perlakuan. Materi yang digunakan pada *pretest* yaitu fluida statis. Tes kemampuan berpikir kritis berjumlah 10 soal bentuk uraian mencakup indikator kemampuan berpikir kritis. Observasi kemampuan kolaborasi dilakukan pada proses pembelajaran sebelum diberi perlakuan oleh peneliti. Indikator kemampuan kolaborasi yang digunakan pada penelitian menurut Greenstain. Tabel 1 menunjukkan data awal kemampuan berpikir kritis, Tabel 2 menunjukkan data awal kemampuan kolaborasi.

Tabel 1. Data Awal Kemampuan Berpikir Kritis

Interval	Kelas Eksperimen I	Kelas Eksperimen II
	Frekuensi (f)	Frekuensi (f)
16-21	1	3
22-27	9	4
28-33	16	10
34-39	7	10
40-45	1	7
46-51	1	1
N	35	35
Skor Minimal	20	16,67
Skor Maksimal	50,38	47,50
Median	30,00	33,33
Standar Deviasi	7,34	7,31
Rata-rata	30,81	33,86

Tabel 2. Data Awal Kolaborasi

Interval	Kelas Eksperimen I	Kelas Eksperimen II
	Frekuensi (<i>f</i>)	Frekuensi (<i>f</i>)
25-30	10	3
31-40	12	22
41-50	8	6
51-60	3	1
61-70	1	2
71-75	1	1
Total	35	35
Skor Minimal	25,00	28,33
Skor Maksimal	75,00	73,33
Median	38,33	35,00
Standar Deviasi	12,12	11,08
Rata-rata	39,48	39,33

Dilakukan uji normalitas dan homogenitas pada data awal dilanjutkan dengan uji hipotesis untuk melihat perbedaan kemampuan awal berpikir kritis dan kolaborasi. Tabel 3 menampilkan uji normalitas dan Tabel 4 menampilkan uji homogenitas.

Tabel 3. Uji Normalitas

Variabel	Kelas	<i>Sig</i>	Kesimpulan
Berpikir Kritis	Eksperimen I	0,126	Normal
	Eksperimen II	0,772	
Kolaborasi	Eksperimen I	0,015	Tidak Normal
	Eksperimen II	0,000	

Tabel 4. Uji Homogenitas

Variabel	<i>Levene's Statistic</i>	<i>df</i> ₁	<i>df</i> ₂	<i>sig</i>	Kesimpulan
Berpikir Kritis	0,022	1	68	0,884	Homogen
Kolaborasi	1,145	1	68	0,288	

Berdasarkan uji prasyarat data awal kemampuan berpikir kritis berdistribusi normal dan homogen, data tersebut memenuhi syarat untuk menggunakan uji parametrik. Uji t dua pihak dilakukan pada data awal kemampuan berpikir kritis untuk melihat kemampuan awal berpikir kritis ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji t dua Pihak Kemampuan Berpikir Kritis

Variabel	<i>Levene's Statistic</i>	<i>Sig (2 tailed)</i>	Kesimpulan
Berpikir Kritis	0,884	0,086	Kemampuan Awal Berpikir Kritis sama

Berdasarkan uji prasyarat data awal kemampuan kolaborasi berdistribusi tidak normal namun homogen, data tersebut tidak memenuhi syarat untuk menggunakan uji parametrik, sehingga digunakan uji nonparametrik yaitu uji *Mann Whitney U*. Tabel 6 menunjukkan hasil uji *Mann Whitney U* data kemampuan kolaborasi siswa.

Tabel 6. Uji *Man Whitney* Data Kemampuan Kolaborasi

Variabel	<i>Levene's Statistic</i>	<i>Asymp Sig (2 tailed)</i>	Kesimpulan
Kolaborasi	0,288	0,958	Kemampuan Awal Kolaborasi sama

Data *posttest* diperoleh melalui pemberian tes akhir yaitu tes kemampuan berpikir kritis sebanyak 10 soal dalam bentuk uraian yang masing-masing soal mencakup indikator kemampuan berpikir kritis. Observasi akhir kemampuan kolaborasi dilakukan dalam bentuk lembar pengamatan yang mencakup indikator kemampuan kolaborasi menurut Greenstain. *Posttest* dan observasi akhir dilakukan setelah adanya perlakuan terhadap kelas eksperimen I dan eksperimen II sebanyak 5 pertemuan. Pemberian *posttest* dan observasi dilakukan bertujuan untuk melihat pengaruh model inkuiri terbimbing menggunakan laboratorium riil dan virtual terhadap kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa pada kedua kelas sampel. Tabel 7 menampilkan data *posttest* kemampuan berpikir kritis siswa dan Tabel 8 menampilkan data akhir kemampuan kolaborasi siswa.

Tabel 7. Data Akhir Kemampuan Berpikir Kritis

Interval	Kelas Eksperimen I	Interval	Kelas Eksperimen II
	Frekuensi (f)		Frekuensi (f)
65-69	2	65-69	11
70-74	18	70-74	15
75-79	8	75-79	6
80-84	6	80-84	3
85-89	1	85-89	0
Total	35		35
Skor Minimal	60,50		65,83
Skor Maksimal	88,33		81,67
Median	74,17		71,67
Standar Deviasi	4,94		4,40
Rata-rata	75,36		72,55

Tabel 8. Data Akhir Kemampuan Kolaborasi

Interval	Kelas Eksperimen I	Interval	Kelas Eksperimen II
	Frekuensi (f)		Frekuensi (f)
62-66	2	62-66	5
67-71	3	67-71	8
72-76	10	72-76	11
77-81	5	77-81	6
82-86	11	82-86	4
87-91	4	87-91	1
Total	35		35
Skor Minimal	60,00		65,00
Skor Maksimal	88,33		88,33
Median	80,00		73,33
Standar Deviasi	7,53		6,29
Rata-rata	78,14		74,24

Dilakukan uji normalitas dan homogenitas pada data akhir sebagai syarat pengujian hipotesis menggunakan uji parametrik. Tabel 9 menampilkan hasil uji normalitas data *posttest* kemampuan berpikir kritis dan Tabel 10 menampilkan hasil uji homogenitas data akhir kemampuan kolaborasi.

Tabel 9. Uji Normalitas Data *Posttest* Kemampuan Berpikir Kritis

Variabel	Kelas	sig	Kesimpulan
Berpikir Kritis	Eksperimen I	0,070	Normal
	Eksperimen II	0,097	

Kolaborasi	Eksperimen I	0,085	
	Eksperimen II	0,198	

Tabel 10. Uji Normalitas Data Akhir Kemampuan Kolaborasi

Variabel	Levene's Statistic	df ₁	df ₂	sig	Kesimpulan
Berpikir Kritis	1,236	1	68	0,270	Homogen
Kolaborasi	1,557			0,216	

Berdasarkan uji prasyarat data akhir kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi diketahui bahwa data berdistribusi normal dan homogen, maka dilanjutkan uji hipotesis menggunakan uji MANOVA. Tabel 11 menampilkan ringkasan hasil uji MANOVA.

Tabel 11. Uji MANOVA

Effect		Value	f	Hypothesis df	Error df	sig
Kelas	Wilk's Lambda	0,908	3,411	2,000	67,000	0,039

Melihat peningkatan kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi dilakukan dengan uji N-gain ditampilkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Uji N-gain Kemampuan Berpikir Kritis dan Kolaborasi

Kemampuan Berpikir Kritis				
Kelas	Pretest	Posttest	N-Gain	Kategori
Eksperimen I	30,81	75,36	0,65	Sedang
Eksperimen II	33,86	72,55	0,58	Sedang
Kemampuan Kolaborasi				
Kelas	Pretest	Posttest	N-Gain	Kategori
Eksperimen I	39,48	78,14	0,64	Sedang
Eksperimen II	39,33	74,24	0,57	Sedang

Berdasarkan hasil uji N-gain diketahui bahwa kemampuan berpikir kritis siswa kelas eksperimen I dan eksperimen II berturut-turut 0,65 dan 0,58 dikategorikan sedang. Kemampuan kolaborasi siswa kelas eksperimen I dan eksperimen II secara berturut-turut sebesar 0,64 dan 0,57 dikategorikan sedang.

Uji N-gain dilakukan pada setiap indikator kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa. Tabel 13 menampilkan uji N-gain setiap indikator kemampuan berpikir kritis dan Tabel 14 menampilkan uji N-gain setiap indikator kemampuan kolaborasi.

Tabel 13. Uji N-gain setiap Indikator Berpikir Kritis

Kemampuan Berpikir Kritis								
Indikator	Kelas Eksperimen I				Kelas Eksperimen II			
	pretest	posttest	N-gain	Kategori	pretest	posttest	N-gain	Kategori
Elementary Clarification	48,21	91,90	0,84	Tinggi	54,52	86,90	0,71	Tinggi
Basic Support	40,71	83,69	0,72	Tinggi	41,67	85,24	0,74	Tinggi
Inferring	21,07	81,43	0,76	Tinggi	27,38	78,57	0,70	Sedang
Advanced Clarification	32,74	83,81	0,76	Tinggi	34,05	76,19	0,64	Sedang
Strategies and Tactics	11,31	35,95	0,28	Rendah	11,67	35,83	0,27	Rendah

Tabel 14. Uji N-Gain setiap Indikator Kolaboras

Indikator	Kemampuan Kolaborasi							
	Kelas Eksperimen I				Kelas Eksperimen II			
	<i>observasi awal</i>	<i>observasi akhir</i>	<i>N-gain</i>	Kategori	<i>observasi awal</i>	<i>observasi akhir</i>	<i>N-gain</i>	Kategori
Berkontribusi secara aktif	38,93	65,00	0,42	Sedang	35,36	63,21	0,43	Sedang
Bekerja secara produktif	37,86	74,29	0,58	Sedang	28,57	69,29	0,57	Sedang
Bertanggung jawab	34,11	76,07	0,63	Sedang	36,43	67,14	0,48	Sedang
Menunjukkan fleksibilitas dan kompromi	45,57	84,86	0,72	Tinggi	46,71	83,14	0,68	Sedang
Menghargai orang lain	37,38	79,76	0,67	Sedang	37,14	77,86	0,64	Sedang

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa pada kedua kelas eksperimen mengalami peningkatan setelah penerapan model inkuiri terbimbing menggunakan laboratorium riil pada kelas eksperimen I dan model inkuiri terbimbing menggunakan laboratorium virtual pada kelas eksperimen II. Kelas eksperimen I memperoleh N-gain sebesar 0,65 dalam kategori sedang, namun kelas eksperimen II diperoleh N-gain sebesar 0,58 dalam kategori sedang. Hal ini menunjukkan bahwa kedua perlakuan tergolong efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Peningkatan kemampuan berpikir kritis terjadi karena pembelajaran inkuiri terbimbing memberikan kesempatan kepada siswa untuk terlibat langsung dalam proses ilmiah, seperti mengamati fenomena, menganalisis, mengevaluasi, menarik kesimpulan berdasarkan bukti empiris. Aktivitas tersebut melatih siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa model inkuiri terbimbing tergolong mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis karena menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran dalam proses penyelidikan. Rosyda & Astriani (2023) menyatakan hasil penelitian bahwa inkuiri terbimbing meningkatkan kemampuan berpikir kritis karena siswa dilatih untuk melakukan investigasi secara sistematis, mulai dari identifikasi masalah hingga penarikan kesimpulan, sehingga proses berpikir kritis siswa berkembang secara bertahap. Sejalan dengan penelitian Nurhalisa *et al.*, (2025) menjelaskan melalui proses pemberian suatu fenomena kemudian siswa melakukan identifikasi dan observasi sampai mengumpulkan dan membuktikan data dilanjut tahap menyimpulkan melaith siswa berpikir kritis. Rambe *et al* (2020) mendukung temuan peneliti yang menunjukkan bahwa model pembelajaran inkuiri terbimbing berpengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Kemampuan berpikir kritis siswa ditunjukkan melalui peningkatan N-gain serta perbedaan signifikan sebelum dan sesudah perlakuan inkuiri terbimbing.

Berdasarkan teori Ennis (1994), indikator kemampuan berpikir kritis terdiri dari lima yaitu *elementary clarification*, *basic support*, *inference*, *advanced clarification*, dan *strategies and tactics*. Uji N-gain dilakukan untuk meninjau setiap indikator berpikir kritis untuk melihat pola perkembangan kemampuan siswa secara lebih rinci. Uji N-gain pada indikator *elementary clarification* menunjukkan kategori tinggi pada kelas eksperimen I sebesar 0,84 dan kelas eksperimen II dikategorikan tinggi sebesar 0,71. Hal ini menunjukkan bahwa siswa mampu memfokuskan pertanyaan dan membuat argumen dengan baik, dan memfokuskan pertanyaan

klasifikasi. Peningkatan terjadi karena pembelajaran inkuiri terbimbing siswa diarahkan untuk memahami permasalahan sejak tahap awal melalui orientasi. Sejalan dengan penelitian Kumala *et al.*, (2022) menjelaskan bahwa *elementary clarification* tinggi karena siswa mampu fokus pada masalah atau pertanyaan.

Indikator *basic support* menunjukkan kategori tinggi pada kedua kelas sampel dengan masing-masing hasil N-gain sebesar 0,72 dan 0,74. Hal ini sesuai dengan Ennis yang menyatakan bahwa *basic support* mencakup kemampuan menilai kredibilitas informasi dan melakukan pengamatan secara kritis. Sejalan dengan penelitian Shalihin *et al.*, (2019) menjelaskan melalui guided inkuiri pada proses identifikasi dan eksplorasi siswa melakukan observasi dan mengumpulkan informasi yang disediakan termasuk sehingga peserta didik mengalami peningkatan *basic support*. Indikator *inferring* pada kelas eksperimen I berada pada kategori tinggi sebesar 0,76 dan pada kelas eksperimen II berada pada kategori sedang sebesar 0,70. Peningkatan disebabkan oleh pengalaman langsung pada laboratorium riil memberikan data empiris yang lebih konkret dibanding simulasi virtual. Musliman & Kasman (2022) memaparkan melalui model inkuiri terbimbing pada tahap melakukan percobaan hingga menarik kesimpulan membuat siswa harus deduksi, induksi, dan menarik kesimpulan. Berbeda dengan Salsabila dkk (2025) secara tegas mengatakan melalui analisis data siswa mampu melakukan penarikan kesimpulan. Indikator *advanced clarification* siswa kelas eksperimen I diperoleh nilai N-gain sebesar 0,76 dalam kategori tinggi dan kelas eksperimen II diperoleh nilai N-gain sebesar 0,64 dalam kategori sedang. Hal ini menunjukkan kemampuan menjelaskan konsep secara mendalam kelas eksperimen I lebih tinggi dibanding kelas eksperimen II. Istiyova *et al* (2022) menjelaskan bahwa model inkuiri terbimbing meningkatkan kemampuan *advanced clarification* karena aktivitas siswa dituntut menghubungkan konsep, memperbaiki pemahaman awal, mengembangkan, dan memperdalam konsep yang sesuai dengan indikator berpikir kritis. Indikator *strategies and tactics* siswa kelas eksperimen I dan eksperimen II dalam kategori rendah dengan nilai masing-masing 0,28 dan 0,27. Hal ini menunjukkan bahwa siswa masih kesulitan merancang strategi dalam proses pembelajaran. Rendah kemampuan indikator *strategies and tactics* disebabkan proses pembelajaran masih berada dalam bimbingan guru, melalui pemberian langkah-langkah yang terstruktur, sehingga siswa tidak sepenuhnya merancang strategi investigasi atau penyelidikan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan kolaborasi siswa pada kedua kelas eksperimen mengalami peningkatan setelah penerapan model inkuiri terbimbing menggunakan laboratorium riil pada kelas eksperimen I dan model inkuiri terbimbing menggunakan laboratorium virtual pada kelas eksperimen II. Kelas eksperimen I memperoleh N-gain sebesar 0,64 dalam kategori sedang, namun kelas eksperimen II diperoleh N-gain sebesar 0,57 dalam kategori sedang. Hal ini menunjukkan bahwa kedua perlakuan tergolong efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

Peningkatan kemampuan kolaborasi terjadi karena pembelajaran inkuiri terbimbing mampu meningkatkan kemampuan kolaborasi siswa. Hal ini sejalan dengan penelitian Sarifah & Nurita (2023) yang menyatakan bahwa model inkuiri terbimbing efektif meningkatkan kemampuan kolaborasi siswa karena mendorong siswa untuk bekerja sama dalam kelompok, berdiskusi, dan menyelesaikan masalah secara bersama-sama. Afyah & Zulkarnaen (2025) mendukung temuan peneliti dengan memaparkan hasil penelitian bahwa penerapan model inkuiri terbimbing efektif dalam meningkatkan kolaborasi siswa. Hal ini disebabkan karena model inkuiri terbimbing mendorong siswa untuk berkontribusi aktif, berkerja sama dalam kelompok dalam menyelesaikan masalah. Hasil observasi kemampuan kolaborasi menunjukkan seluruh indikator kemampuan kolaborasi siswa mengalami peningkatan setelah

diterapkan model inkuiri terbimbing menggunakan laboratorium riil dan virtual pada kedua kelas sampel. Mengetahui peningkatan pada masing-masing indikator kolaborasi dilakukan dengan analisis N-gain pada setiap indikator kemampuan kolaborasi. Indikator benkontribusi secara aktif pada kelas eksperimen I memperoleh nilai N-gain sebesar 0,42 dalam kategori sedang, pada kelas eksperimen II diperoleh nilai N-gain sebesar 0,43 dalam kategori sedang. Berdasarkan kondisi tersebut menunjukkan bahwa siswa mulai terlibat dalam diskusi kelompok, namun belum sepenuhnya optimal dalam memberikan ide atau pendapat secara konsisten. Fauziah & Novita (2021) turut menyatakan bahwa aktivitas siswa meningkat karena ada tahapan investigasi yang menuntut keterlibatan langsung dalam pembelajaran. Indikator bekerja secara produktif pada kelas eksperimen I diperoleh nilai N-gain sebesar 0,58 dalam kategori sedang, pada kelas eksperimen II diperoleh nilai 0,57. Hal ini menunjukkan siswa mampu menyelesaikan tugas kelompok secara lebih terarah melalui pembagian peran yang jelas. Nikmah *et al* (2021) menyatakan bahwa pembelajaran berbasis inkuiri dapat meningkatkan produktivitas siswa karena secara berkelompok menemukan informasi, menghubungkan konsep dengan aktivitas nyata. Indikator bertanggung jawab pada kelas eksperimen I diperoleh nilai N-gain sebesar 0,63 dan pada kelas eksperimen II diperoleh nilai N-gain sebesar 0,48. Peningkatan tanggung jawab lebih tinggi pada kelas eksperimen I. Hal ini menunjukkan bahwa siswa mulai menyelesaikan tugas sesuai peran dan tidak bergantung pada anggota lain. Respati (2023) memaparkan bahwa model inkuiri terbimbing meningkatkan tanggung jawab dalam kolaborasi karena pembelajaran disusun dalam bentuk tahapan investigasi yang membagi tugas kelompok secara sistematis. Setiap siswa memiliki peran tertentu dalam proses pengumpulan dan pengolahan data, sehingga tidak hanya berkeja sama melainkan saling bertanggung jawab terhadap tugas masing-masing. Indikator menunjukkan fleksibilitas dan kompromi pada kelas eksperimen I nilai N-gain sebesar 0,72 tergolong tinggi, pada kelas eksperimen II nilai N-gain sebesar 0,68. Indikator menghargai orang lain pada kelas eksperimen I bernilai 0,67 kategori sedang dan pada kelas eksperimen II bernilai 0,64 kategori sedang.

Berdasarkan Afiah & Zulkarnaen (2025) inkuiri terbimbing meningkatkan kolaborasi siswa melalui aktivitas diskusi dan kerja kelompok dalam menyelesaikan investigasi. Siswa dihadapkan pada perbedaan hasil dan pendapat antaranggota kelompok, sehingga mereka perlu menyesuaikan ide dan mempertimbangkan masukan teman untuk menghasilkan kesepakatan bersama. Kondisi ini menunjukkan bahwa guided inquiry mendorong siswa untuk bersikap fleksibel dalam menerima perbedaan pendapat serta melakukan kompromi dalam pengambilan keputusan kelompok dan menghargai orang lain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing dengan bantuan laboratorium riil dan laboratorium virtual memberikan pengaruh terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa. Terdapat perbedaan tingkat efektivitas antara kedua perlakuan tersebut. Penerapan model inkuiri menggunakan laboratorium riil cenderung memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan dengan laboratorium virtual. Simbolon & Silalahi (2023) dalam penelitian mengungkapkan bahwa pembelajaran terbimbing yang menggunakan laboratorium riil dan virtual meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Penjelasan lebih lanjut mengatakan bahwa laboratorium riil memberikan pengalaman langsung dalam proses eksperimen sehingga siswa lebih aktif dalam mengamati, menganalisis, dan menarik kesimpulan dibandingkan pembelajaran berbasis virtual saja. Hasil penelitian Lestari *et al* (2023) menemukan bahwa penggunaan laboratorium virtual berbasis inkuiri terbimbing mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Hal ini karena simulasi virtual membantu siswa memahami konsep abstrak dan melakukan analisis secara lebih sistematis meskipun tidak melakukan eksperimen secara langsung. Hasil penelitian oleh Fitriani (2024)

menunjukkan bahwa menggunakan laboratorium virtual berbasis PhET dan laboratorium riil dapat meningkatkan penguasaan konsep, namun laboratorium riil lebih unggul memberikan pengalaman eksperimen langsung, sedangkan laboratorium virtual lebih unggul dalam visualisasi konsep.

Sejalan dengan penelitian Aktas & Karamustafaoglu (2024) menunjukkan bahwa kedua jenis laboratorium berpengaruh terhadap hasil belajar, namun laboratorium riil memberikan pengalaman yang lebih autentik sehingga interaksi dan kolaborasi siswa dalam kelompok menjadi lebih kuat dibandingkan laboratorium. Penelitian oleh Wulandari dkk (2025) mengungkapkan penggunaan laboratorium virtual berbasis inkuiri terbimbing dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis, meskipun efektivitasnya masih dipengaruhi oleh keterbatasan interaksi langsung antar siswa dalam proses pembelajaran. Berdasarkan Sulistiyono dan Arini (2024), penggunaan laboratorium virtual terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan kolaborasi peserta didik melalui aktivitas diskusi dan kerja kelompok berbasis simulasi. Selain itu, Amalia *et al* (2024) menyatakan bahwa pembelajaran kolaboratif berbantuan laboratorium virtual mampu memperkuat interaksi antar siswa dalam menyelesaikan masalah secara bersama. Namun, kolaborasi yang terjadi masih berbasis virtual sehingga interaksi langsung antar siswa tidak seintens pembelajaran berbasis laboratorium riil. Dapat disimpulkan bahwa laboratorium riil dan laboratorium virtual sama-sama efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa dalam pembelajaran inkuiri terbimbing. Namun, laboratorium riil memberikan pengaruh yang lebih optimal karena memberikan pengalaman langsung dan interaksi sosial yang lebih kuat, sedangkan laboratorium virtual lebih unggul dalam visualisasi konsep dan fleksibilitas pembelajaran.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan pertama terdapat pengaruh signifikan dari penerapan model inkuiri terbimbing menggunakan laboratorium riil dan virtual terhadap kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa pada materi fluida statis kelas XI di SMA Negeri 1 Sunggal. Kedua, terdapat peningkatan kemampuan berpikir kritis dan kolaborasi siswa pada kelas eksperimen I setelah diterapkan model inkuiri terbimbing menggunakan laboratorium riil masing-masing sebesar 0,65 dan 0,64 dengan kategori sedang. Peningkatan kemampuan berpikir kritis dan kemampuan kolaborasi kelas eksperimen II setelah diterapkan model inkuiri terbimbing menggunakan laboratorium virtual masing-masing sebesar 0,58 dan 0,57 dengan kategori sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiyah, A. N., & Zulkarnaen, Z. (2025). Penerapan Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kolaborasi Siswa pada Pembelajaran IPAS SD. *SOCIAL: Jurnal Inovasi Pendidikan IPS*, 5(2), 306-316. <https://doi.org/10.51878/social.v5i2.5033>
- Aktas, I., & Karamustafaoglu, O. (2025). The Effect of Guided Inquiry-Based Virtual and Physical Laboratories on Science Learning Outcomes. *Research in Science & Technological Education*, 43(4), 1145-1166. <https://doi.org/10.1080/02635143.2024.2423071>
- Amalia, R., Evendi, E. E. E., Ngadimin, N. N. N., Zainuddin, Z. Z. Z., & Wahyuni, A. W. A. (2026). The Influence of Virtual Laboratory-Assisted Collaborative Learning Model on High School Students' Physics Learning Outcomes. *Jurnal Phi: Jurnal Pendidikan Fisika & Terapan*, 12(1), 33-40. <https://doi.org/10.22373/p-jpft.v12i1.32198>
- Brundage, M. J., Malespina, A., & Singh, C. (2023). Peer Interaction Facilitates Co-construction of Knowledge in Quantum Mechanics. *Physical Review Physics Education Research*, 19(2), 020133.



- Danzglock, M., Berger, R., & Hänze, M. (2026). Interleaved Practice in Physics Benefits from Collaboration. *Learning and Instruction*, 102, 1-11.
- Ennis, R.H. (1994). *A Critical Thinking*. New York: Freeman.
- Ennis, R. H. (2011). *the Nature Of Critical Thinking: an Outline of Critical Thinking Disposition and Abilities*. University of Illinios.
- Facione, P. A. (2015). *Critical thinking: What it is and why it counts*. Measured Reasons and The California Academic Press.
- Fauziah, F. M., & Novita, D. (2021). Training the Analysis Skills of Student Through the Application of Guided Inquiry Learning Models on Reaction Rate Materials. *JPPS (Jurnal Penelitian Pendidikan Sains)*, 10(2), 1932-1948. <https://doi.org/10.26740/jpps.v10n2.p1932-1948>
- Firman., Nur, S., & Taim, M. A. S. (2023). Analisis Keterampilan Kolaborasi Siswa SMA pada Pembelajaran Biologi. *Diklabio: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Biologi*, 7(1), 82-89.
- Fitriani, A. (2024). Comparison of the Effect of Using Virtual Laboratory Based on PhET Simulation and Real Laboratory in Improving Mastery of Electronic Concepts of Physics Education Students. *Tekno-Pedagogi: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 14(2), 22-28. <https://doi.org/10.22437/teknopedagogi.v14i2.37487>
- Greenstein, L. M. (2012). *Assessing 21st Century Skills: A Guide to Evaluating Mastery and Authentic Learning*. California: Corwin Press.
- Istiyova, L. R., Dwiastuti., & Santosa, S. (2022). The Influence of Guided Inquiry Learning Model Combined with Brainstorming Activities on Critical Thinking Ability and Student Learning Motivation. *IRE Journals*, 6(3), 9-15.
- Kumala, F. N., Yasa, A. D., & Samudra, R. D. (2022). Elementary Clarification Analysis (Critical Thinking Skill) Elementary School Students Based on Grade and Learning Method. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 6(3), 459-467. <https://doi.org/10.23887/jisd.v6i3.47366>
- Lestari, I., Kuswandi, D., & Sudjimat, D. A. (2023). Influence of Guided Inquiry Learning Strategies Assisted with Virtual Laboratories in Thematic Learning on The Critical Thinking Abilities of Primary School Students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9 (SpecialIssue), 967–973. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9ispecialissue.6262>
- Musliman, A., & Kasman, U. (2022). Efektivitas Model Inkuiri Terbimbing untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Konsep Fisika yang Bersifat Abstrak. *Jurnal Jendela Pendidikan*, 2(01), 48-53. <https://doi.org/10.57008/jjp.v2i01.116>
- Nikmah, A., Saptono, S., & Sulistyorini, S. (2021). The Effectiveness of Guided Inquiry with Sets Vision to Improve Communication Skills and Understanding of Science Concepts. *Journal of Primary Education*, 10(1), 99-107. <https://doi.org/10.15294/jpe.v10i1.27794>
- Nurhalisa., Arda., & Rahmawaty. (2025). Enhancing Critical Thinking Skills Through the Guided Inquiry Learning Model in Science Education. *Koordinar*, 6(1), 66-73. <https://doi.org/10.24239/koordinat.v6i1.169>
- Pfefferova, S. M., & Plesch, M. (2025). Optics Experiments as a Tool for Developing Critical Thinking in Physics Education. *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 3155, No. 1, p. 012017).
- Rambe, Y. A., Silalahi, A., & Sudrajat, A. (2020). The Effect of Guided Inquiry Learning Model and Critical Thinking Skills on Learning Outcomes. *Aisteel*, 151–155.
- Respati, A. A. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Guided Inquiry terhadap Critical Thinking dan Collaborative pada Materi Asam Basa. *Journal of Tropical Chemistry Research and Education*, 5(1), 29-35. <https://doi.org/10.14421/jtcre.2023.51-04>
- Roekel, D. V. (2011). *Preparing 21st Century Students for a Global Society*. USA: National Education Association.



- Rosyda, E. K., & Astriani, D. (2023). Penerapan Model Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *PENSA E-JURNAL: Pendidikan Sains*, 11(2), 156-160. <https://doi.org/10.26740/pensa.v11i2.53980>
- Salsabila, I. D., Maharani, C. A., Aidilia, E., & Fajriyah, R. Z. (2025). Efektivitas Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dalam Mengembangkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SD. *Didaktika*, 5(2), 203-214. <https://doi.org/10.17509/didaktika.v5i2.85184>
- Sarifah, F., & Nurita, T. (2023). Implementasi Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kolaborasi Siswa. *PENSA: E-Jurnal Pendidikan Sains*, 11(1), 22-31. <https://doi.org/10.26740/pensa.v11i1.46474>
- Shalihin, N. A. F., Saptono, S., & Masturi. (2019). Implementation of Guided Inquiry Learning To Improve The Critical Thinking Skills of Junior High School Students. *Journal of Innovative Science Education*, 8(3), 306-314. <https://doi.org/10.15294/jise.v8i1.30216>
- Siddiqui, S. (2022). Categorized and Correlated Multiple-choice Questions: A Tool for Assessing Comprehensive Physics Knowledge of Students. *Education Sciences*, 12(9), 575.
- Sihaloho, N. M., Motlan., & Peranginangin, L. J. (2021). The Effect of Guided Inquiry Learning Model Toward Students' Critical Thinking Skills About Momentum and Impulse in Senior High School. *INPAFI: Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, 45-52.
- Simbolon, D. H & Silalahi, E. K. (2023). Physics Learning Using Guided Inquiry Models Based on Virtual Laboratories and Real Laboratories to Improve Learning. *Journal for Lesson and Learning Studies*, 6(1), 55-62. <https://doi.org/10.23887/jlls.v6i1.61000>
- Sulistiyono, S., & Arini, W. (2024). Keefektifan Virtual Laboratory dalam Meningkatkan Keterampilan Komunikasi dan Kolaborasi Peserta Didik Pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Perspektif Pendidikan*, 18(1), 141-149. <https://doi.org/10.31540/jpp.v19i2.3984>
- Ubaidillah, M., Hartono, H., Marwoto, P., Wiyanto, W., & Subali, B. (2023). How to Improve Critical Thinking in Physics Learning? A Systematic Literature Review. *Journal of Educational, Cultural and Psychological Studies (ECPS Journal)*, (28), 161-187.
- 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>