

Research Article



Pembelajaran Mekanika dengan Model *Modified Free Inquiry Learning* Berbantuan *Go-Lab* untuk Melatihkan Keterampilan Argumentasi Ilmiah Mahasiswa

¹Yanti Sofi Makiyah*, ¹Herni Yuniarti Suhendi, ¹Dwi Sulistyaningsih, ¹Syeima Martasya Indah Permatasari, ²Siti Nurdianti Muhajir, ³Maya Mustika, ⁴Pujianti Bejahida Donuata and ⁵Luthfi Rahman

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Siliwangi, Kota Tasikmalaya, Jawa Barat 4619, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Garut, Kabupaten Garut, Jawa Barat 44151, Indonesia

³Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Palangka Raya, Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah 74874, Indonesia

⁴Earth Science Education, Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, South Korea

⁵Technical System Planner Steel & Metal Construction Technology, Richard Hartmann Schule Berufliches Schulzentrum Für Technik III, Annaberger Str. 186, 09120 Chemnitz, Germany

INFO ARTIKEL

Article History:

Submitted: 09-09-2025

Revised : 17-10-2025

Accepted : 20-12-2025

Published: 30-12-2025

Keywords:

Mechanics;

Modified Free Inquiry;

Go-Lab;

Scientific Argumentation Skills

Kata Kunci:

Mekanika;

Modified Free Inquiry;

Go-Lab;

Keterampilan Argumentasi Ilmiah

ABSTRACT

This study was motivated by the limited Scientific Argumentation Skills (SAS) of physics education students, as previous learning mainly emphasized conceptual understanding rather than argumentative reasoning. To address this issue, the Modified Free Inquiry Learning (MFIL) model assisted by Go-Lab was implemented in mechanics learning, emphasizing inquiry-based activities. Go-Lab enables students to test hypotheses, communicate findings argumentatively, and use virtual laboratories to visualize abstract mechanics concepts. This research aimed to examine the effectiveness of mechanics learning, the improvement of SAS, and students' responses. A one-group pretest-posttest design was employed with a purposive sample of 68 physics education students in the 2025/2026 academic year. Instruments included an SAS test and a student response questionnaire. Data were collected through pretest-posttest and analyzed using N-Gain, effect size, and response percentage. The results showed that the MFIL model assisted by Go-Lab was effective in enhancing SAS, with a very large effect size of 11.04 and a high improvement category indicated by an N-Gain score of 0.82. Students also gave highly positive responses, indicating that the learning process provided meaningful experiences. Therefore, the MFIL model assisted by Go-Lab is effective in developing the Scientific Argumentation Skills of physics education students.

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kurangnya Keterampilan Argumentasi Ilmiah (KAI) mahasiswa pendidikan fisika karena pembelajaran sebelumnya masih berfokus pada pemahaman konsep tanpa melatih penalaran argumentatif. Salah satu solusi yang dapat dilakukan yaitu dengan menerapkan model *Modified Free Inquiry Learning* (MFIL) berbantuan *Go-Lab* dalam pembelajaran mekanika karena menekankan proses inkuiri. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektivitas pembelajaran mekanika, peningkatan KAI dan respon mahasiswa. Penelitian menggunakan *one-group pretest-posttest design* dengan *purposive sampling* berjumlah 68 mahasiswa pendidikan fisika tahun akademik 2025/2026. Instrumen yang digunakan yaitu tes KAI dan angket respon. Teknik pengumpulan data KAI diperoleh melalui pretest dan posttest serta respon mahasiswa diperoleh dari angket respon mahasiswa. Analisis data yang dilakukan yaitu N-Gain, effect size dan persentase respon mahasiswa. Berdasarkan hasil analisis data diketahui bahwa pembelajaran mekanika dengan model MFIL berbantuan *Go-Lab* efektif dalam melatihkan KAI dengan kategori sangat besar yaitu 11,04, KAI meningkat dengan kategori tinggi ditunjukkan oleh nilai N-Gain sebesar 0,82 dan respon mahasiswa sangat baik terhadap pembelajaran karena memberikan pengalaman yang bermakna sehingga dapat disimpulkan bahwa pembelajaran mekanika dengan model MFIL berbantuan *Go-Lab* efektif untuk melatihkan KAI mahasiswa.



© 2025 the author(s)

*Corresponding Author

E-mail Address: yanti.sofi@unsil.ac.id

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada era modern menuntut mahasiswa, khususnya calon pendidik fisika, untuk memiliki kemampuan berpikir tingkat tinggi yang mencakup keterampilan berpikir kritis, analitis, dan argumentatif (Arslan et al., 2023; Demircioglu et al., 2023; Felton & Butler, 2022; Li et al., 2022). Keterampilan tersebut merupakan bagian dari kompetensi abad ke-21 yang esensial untuk membangun literasi ilmiah dan kemampuan mengambil keputusan berbasis bukti dalam menghadapi permasalahan nyata. Namun, berbagai studi menunjukkan bahwa proses pembelajaran sains di perguruan tinggi masih didominasi oleh pendekatan yang berfokus pada penguasaan konsep dan penyelesaian masalah secara prosedural sehingga kurang memberikan ruang bagi mahasiswa untuk mengembangkan keterampilan penalaran dan argumentasi ilmiah (Faresta et al., 2024; Siantuba et al., 2023; C. J. Sui et al., 2023).

Keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa, khususnya pada mata kuliah mekanika, berdasarkan hasil observasi penulis secara langsung di kelas bahwa pembelajaran masih cenderung bersifat *teacher-centered* dan menekankan aspek kognitif semata. Kondisi ini menyebabkan mahasiswa belum banyak terlibat dalam proses ilmiah yang menuntut eksplorasi ide, perumusan hipotesis, pengujian dan pembenaran argumen berdasarkan data empiris sehingga Keterampilan Argumentasi Ilmiah (KAI) mahasiswa belum berkembang secara optimal.

Hasil observasi awal di kelas menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa pendidikan fisika belum mampu menyusun argumen ilmiah secara memadai. Analisis terhadap 68 jawaban mahasiswa dengan menggunakan instrumen tes argumentasi ilmiah (*claim-evidence-reasoning*) mengungkap bahwa 88% mahasiswa hanya mampu menyatakan klaim, sementara hanya 20% mahasiswa menyertakan bukti eksperimen yang relevan, dan hanya 10% mahasiswa memberikan penalaran ilmiah yang menghubungkan bukti dengan klaim. Analisis terhadap 68 lembar kerja mahasiswa menunjukkan bahwa 72% mahasiswa hanya memaparkan deskripsi fenomena tanpa

mengaitkan hubungan antarvariabel atau menggunakan data kuantitatif. Observasi terhadap aktivitas diskusi kelompok menemukan bahwa 90% mahasiswa cenderung menyalin penjelasan dosen, dan hanya 10% mahasiswa mengajukan pertanyaan berbasis konsep. Keseluruhan temuan tersebut secara konsisten menandakan bahwa pembelajaran mekanika yang diterapkan saat ini belum efektif dalam melatih proses berpikir ilmiah mahasiswa. Temuan tersebut juga mengindikasikan bahwa keterampilan argumentasi ilmiah belum berkembang secara optimal sehingga pembelajaran memerlukan pendekatan yang lebih eksploratif dan berbasis inkuiri. Oleh karena itu, diperlukan suatu model pembelajaran yang lebih eksploratif, kontekstual, dan interaktif guna memfasilitasi pengembangan KAI secara efektif dan bermakna.

KAI sangat penting karena tidak hanya membantu mereka memahami konsep secara mendalam, tetapi juga melatih kemampuan berpikir kritis, logis dan sistematis. Melalui KAI, mahasiswa belajar menyusun klaim, mendukungnya dengan data yang relevan dan memberikan penalaran yang rasional sehingga proses konstruksi pengetahuan menjadi lebih bermakna (Romadhan et al., 2024). KAI juga mempersiapkan mahasiswa sebagai calon pendidik profesional yang mampu menjelaskan konsep fisika secara argumentatif dan berbasis bukti.

Adapun rumusan masalah untuk penelitian adalah; (a) Apakah pembelajaran mekanika dengan model *modified free inquiry learning* berbantuan *Go-Lab* efektif untuk melatih keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa?; (b) Adakah peningkatan keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa setelah pembelajaran mekanika dengan model *modified free inquiry learning* berbantuan *Go-Lab*?; (c) Bagaimana respon mahasiswa terhadap pembelajaran mekanika dengan model *modified free inquiry learning* berbantuan *Go-Lab* dalam melatih keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa?. Sesuai dengan rumusan masalah maka tujuan penelitian adalah mengetahui efektivitas pembelajaran mekanika dengan model *modified free inquiry learning* berbantuan *Go-Lab* dalam melatih keterampilan

argumentasi ilmiah mahasiswa; mengetahui peningkatan keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa setelah pembelajaran mekanika dengan model *modified free inquiry learning* berbantuan *Go-Lab*; mengetahui respon mahasiswa terhadap pembelajaran mekanika dengan model *modified free inquiry learning* berbantuan *Go-Lab* dalam melatih keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa.

Salah satu solusi yang potensial yaitu dengan menerapkan Model *Modified Free Inquiry Learning* (MFIL) berbantuan *Go-Lab* pada mata kuliah mekanika. Model MFIL menekankan proses inkuiri berbasis bukti melalui eksplorasi dan analisis data agar pembelajaran lebih terarah. Integrasi *Go-Lab* memungkinkan mahasiswa melakukan eksperimen virtual, menguji hipotesis, menganalisis data dan mendiskusikan hasil secara argumentatif (Davila-Diaz, 2024). Dengan demikian, mahasiswa dapat berlatih menyusun *claim-evidence-reasoning* secara sistematis sekaligus memvisualisasikan konsep-konsep mekanika yang abstrak (L. Sui et al., 2022). Selain memberikan pengalaman belajar yang bermakna, penerapan model MFIL berbantuan *Go-Lab* juga mendukung pembelajaran kolaboratif dan argumentatif (Mahmudah et al., 2024). Kajian literatur menegaskan bahwa integrasi keterampilan argumentasi ilmiah dalam pembelajaran fisika perlu dilakukan secara sistematis, terutama di perguruan tinggi agar mahasiswa siap menjadi pendidik profesional yang mampu menjelaskan konsep sains berbasis bukti (Triananda, L., Sutopo, & Ulfa, 2023). Oleh karena itu, model MFIL berbantuan *Go-Lab* dapat dianggap sebagai solusi efektif untuk melatih KAI mahasiswa pendidikan fisika (Faresta et al., 2024).

Sejumlah penelitian terkini menegaskan bahwa KAI berperan sentral dalam meningkatkan kualitas pembelajaran sains. (Syarqiy et al., 2023) menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis inkuiri dengan penekanan pada argumentasi ilmiah mampu meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam menyusun argumen yang valid. Selanjutnya, (Putri et al., 2024) melaporkan bahwa pengembangan KAI mendorong peningkatan kemampuan berpikir kritis sekaligus menumbuhkan pengalaman belajar yang lebih bermakna (Alarcon et al.,

2023). Hal ini diperkuat oleh kajian literatur sistematis oleh (Triananda, L., Sutopo, & Ulfa, 2023) yang menegaskan bahwa KAI merupakan salah satu keterampilan esensial dalam pembelajaran fisika yang perlu dilatihkan secara berkelanjutan di berbagai jenjang pendidikan (De Jong et al., 2024). Meskipun penelitian mengenai pembelajaran berbasis inkuiri dan pemanfaatan laboratorium virtual telah banyak dilakukan, sebagian besar masih berfokus pada peningkatan pemahaman konsep, keterampilan proses sains atau motivasi belajar (Antonio & Prudente, 2024). Penelitian ini menghadirkan kebaruan dengan menjadikan KAI sebagai fokus utama yang secara sistematis dilatihkan dalam pembelajaran mekanika.

Kebaruan pertama terletak pada penerapan model *Modified Free Inquiry Learning* (MFIL) yang dipadukan dengan *Go-Lab*. Berbeda dengan inkuiri bebas pada umumnya, model MFIL memandu mahasiswa agar eksplorasi yang dilakukan tetap berbasis bukti dan terarah (Arslan et al., 2023; Demircioglu et al., 2023; Felton & Butler, 2022; Li et al., 2022). Integrasi *Go-Lab* mendukung mahasiswa untuk melakukan eksperimen virtual, menguji hipotesis, menganalisis data dan mengkomunikasikan temuan secara argumentatif dengan kerangka *claim-evidence-reasoning*.

Kebaruan kedua adalah penekanan pada pelatihan KAI dalam konteks mekanika. Selama ini, pembelajaran mekanika cenderung menitikberatkan pada pemahaman matematis dan konseptual, sementara aspek argumentasi berbasis bukti relatif terabaikan. Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan menghadirkan pendekatan inkuiri berbantuan teknologi yang mampu memfasilitasi mahasiswa menyusun argumen ilmiah yang logis dan sistematis (Archila et al., 2022; Bächtold et al., 2023; Gouvea et al., 2022; Jong et al., 2021).

Kebaruan ketiga adalah pemberian bukti empiris melalui desain *one-group pretest-posttest* dengan analisis peningkatan (*N-Gain*) dan analisis efektivitas pembelajaran mekanika dengan model MFIL berbantuan *Go-Lab* dalam melatih KAI mahasiswa pendidikan fisika. Temuan ini memperluas literatur karena sebagian besar riset terdahulu masih bersifat deskriptif atau belum secara langsung menyoroti aspek argumentasi ilmiah dalam pembelajaran

mekanika di perguruan tinggi. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan kontribusi baru berupa integrasi model pembelajaran inkuiri termodifikasi dengan dukungan teknologi virtual *Go-Lab* sebagai strategi inovatif dan efektif untuk melatih KAI mahasiswa pendidikan fisika, yang sebelumnya jarang dieksplorasi dalam penelitian. Adapun tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektivitas pembelajaran mekanika dengan model MFIL berbantuan *Go-Lab* dan peningkatan KAI mahasiswa pendidikan fisika.

Penelitian mengenai pembelajaran mekanika dengan model *Modified Free Inquiry Learning* (MFIL) berbantuan *Go-Lab* memiliki kegunaan teoretis dan praktis. Secara teoretis, penelitian ini memperkaya literatur pendidikan fisika dengan menawarkan integrasi model inkuiri termodifikasi dan laboratorium virtual untuk melatih KAI sehingga dapat menjadi rujukan dalam pengembangan teori pembelajaran sains berbasis *claim-evidence-reasoning*. Secara praktis, penelitian ini bermanfaat bagi mahasiswa karena memberikan pengalaman belajar bermakna melalui kegiatan inkuiri berbasis bukti yang melatih kemampuan berpikir kritis, logis dan sistematis serta membantu memvisualisasikan konsep mekanika yang abstrak. Bagi dosen, penelitian ini menawarkan strategi pembelajaran inovatif yang dapat meningkatkan kualitas pengajaran mekanika dengan menekankan argumentasi ilmiah. Sementara itu, bagi institusi pendidikan, penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan kurikulum yang mengintegrasikan pendekatan inkuiri berbantuan teknologi untuk mendukung keterampilan abad 21 yang menuntut pemikiran kritis dan berbasis bukti. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan capaian belajar mahasiswa, tetapi juga mendorong inovasi pedagogis dalam pendidikan tinggi, khususnya di bidang pendidikan fisika (Faresta et al., 2024; Siantuba et al., 2023; C. J. Sui et al., 2023).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan *mixed methods* dengan desain *sequential explanatory*, yaitu fase kuantitatif dilaksanakan terlebih dahulu untuk

mengukur efek pembelajaran mekanika dengan model MFIL berbantuan *Go-Lab* dan kemudian diperdalam melalui fase kualitatif. Pada tahap kuantitatif digunakan desain *quasi-eksperimental one-group pretest-posttest* untuk menilai perubahan skor KAI mahasiswa. Desain ini dipilih karena lebih praktis dalam konteks pendidikan, meskipun memiliki keterbatasan validitas internal (Bierer et al., 2025). Untuk mengurangi ancaman tersebut, penelitian menggunakan instrumen tes yang valid dan reliabel, analisis dengan ukuran efek, serta integrasi hasil kuantitatif dan kualitatif melalui teknik *connecting* dan *joint display* (Draucker et al., 2021). Fase kualitatif dilakukan dengan *purposive sampling* untuk menggali faktor-faktor yang memengaruhi variasi hasil, sehingga temuan kuantitatif dapat dijelaskan secara lebih komprehensif (Dabbous et al., 2023).

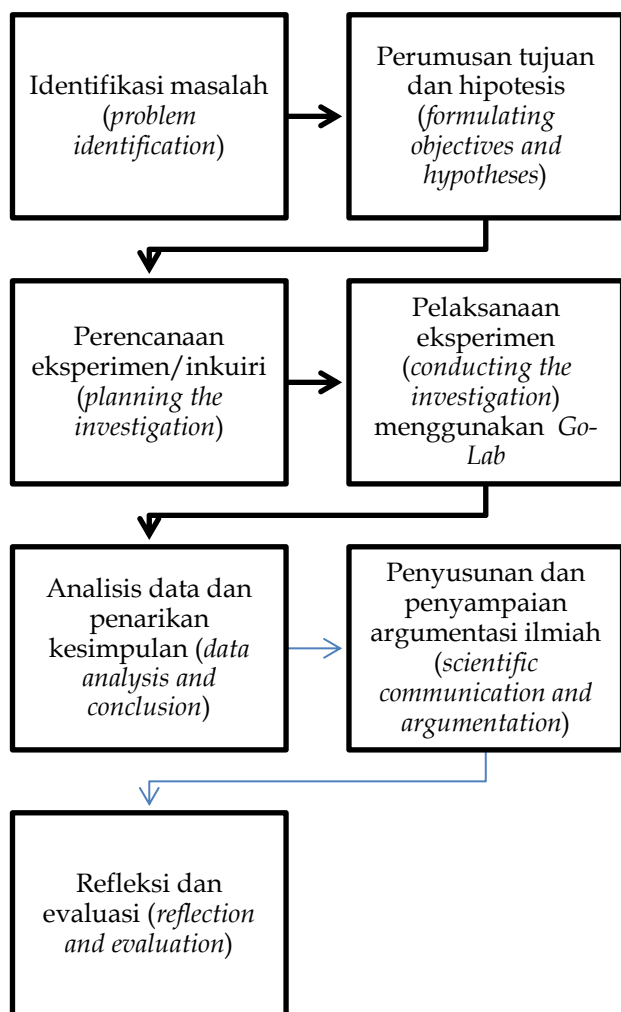
Tabel 1. Desain Penelitian

One-Group Pretest-Posttest Design		
O	X	O
Pretest	Treatment	Posttest

Penelitian dilaksanakan di program studi pendidikan fisika Universitas Siliwangi pada semester ganjil tahun akademik 2025/2026 pada mata kuliah mekanika. Sampel penelitian berjumlah 68 mahasiswa pendidikan fisika tahun akademik 2025/2026. Teknik pengambilan sampelnya yaitu *purposive sampling* dengan ketentuan bahwa mahasiswa mengontrak mata kuliah mekanika dan sudah lulus mata kuliah fisika dasar I dan II. Instrumen penelitian yang digunakan adalah tes KAI dan angket respon. Instrumen akan divalidasi oleh tiga ahli sebelum digunakan dalam penelitian.

Teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu KAI diperoleh melalui tes. Data angket diperoleh dari angket respon mahasiswa terhadap pembelajaran mekanika melalui model MFIL berbantuan *Go-Lab* dalam melatih KAI mahasiswa.

Adapun langkah-langkah MFIL berbantuan *Go-Lab* dapat dilihat pada diagram alur Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Model MFIL Berbantuan Go-Lab

Analisis data penelitian ini terdiri dari analisis data kualitatif dan analisis data kuantitatif. Analisis data kuantitatif meliputi uji validitas instrumen oleh ahli menggunakan rumus Aiken's V untuk menentukan hasil uji validitas instrumen penelitian dari ahli. Validasi dilakukan dengan menggunakan rumus indeks Aiken V. Indeks validitas item yang dikembangkan oleh Aiken menurut (Maisarah et al., 2023) dirumuskan sebagai berikut.

$$V = \frac{\sum s}{n(c-1)} \quad (1)$$

Keterangan:

V = Indeks persetujuan responden terhadap validitas item

s = Selisih antara skor yang diberikan oleh responden dengan skor terendah ($s = r-1$)

r = Penilaian kategori terpilih di antara responden

n = Total responden

c = Total kategori yang diisi responden

Selanjutnya hasil perhitungan kemudian diinterpretasikan dengan menggunakan Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Validitas Tes KAI

No.	Rentang Nilai V	Kategori
1.	0,81-1,00	Sangat Valid
2.	0,61-0,80	Valid
3.	0,41-0,60	Cukup Valid
4.	0,21-0,40	Tidak Valid
5.	0,00-0,20	Sangat tidak valid

(Maisarah et al., 2023)

Berdasarkan penilaian dari tiga validator instrumen maka tes KAI and angket keduanya memiliki kategori valid dengan nilai 1.

Adapun cara untuk menghitung persentase skor akhir KAI yang diperoleh oleh mahasiswa yaitu:

$$p = \frac{x}{x_i} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

p = persentase skor akhir

x = skor yang diperoleh pada satu indikator

x_i = skor maksimum pada satu indikator

Instrumen tes Keterampilan Argumentasi Ilmiah (KAI) ini memuat empat materi mekanika, yaitu dinamika *skateboard* di jalan menurun, balok pada bidang miring, torsi pada benda tegar, dan tumbukan tidak elastis. Setiap materi diukur melalui lima komponen argumentasi yaitu klaim, bukti, penalaran, rebuttal, dan kesimpulan sehingga keseluruhan tes mencakup 20 indikator dengan total skor 100.

Pada materi dinamika *skateboard*, mahasiswa diminta menjelaskan penyebab ketidakefektifan pengereman pada permukaan basah, menyajikan bukti turunnya gaya gesek, menghubungkan bukti dan klaim berdasarkan Hukum Newton, mengevaluasi argumen yang kurang tepat serta merumuskan kesimpulan tentang hubungan gaya gesek dan gerak. Pada materi bidang miring, mahasiswa menentukan pendapat yang paling tepat, melakukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja, menjelaskan kondisi keseimbangan, membantah

argumen yang keliru dan menyimpulkan faktor yang menyebabkan balok tetap diam.

Pada materi torsi, mahasiswa merumuskan alasan pintu lebih mudah dibuka dari tepi, mengemukakan konsep torsi sebagai bukti, menjelaskan hubungan antara lengan gaya dan besar torsi, mengevaluasi argumen alternatif dan menarik kesimpulan terkait efektivitas lokasi gaya. Pada materi tumbukan tidak elastis, mahasiswa memilih pernyataan yang sesuai dengan prinsip kekekalan momentum, menghitung kecepatan akhir setelah tumbukan, menghubungkan data dengan konsep tumbukan, membantah argumen yang salah dan menyimpulkan pengaruh tumbukan terhadap perubahan energi.

Secara keseluruhan, kisi-kisi ini menilai kemampuan mahasiswa dalam menyusun argumentasi ilmiah secara runtut, mulai dari merumuskan klaim, menyajikan bukti, menjelaskan hubungan logis melalui penalaran, mengevaluasi argumen lain hingga menyusun kesimpulan yang sesuai dengan prinsip fisika.

Data hasil penilaian tes KAI berdasarkan rubrik tes KAI selanjutnya menggunakan interpretasi kategori sesuai Tabel 3.

Tabel 3. Kategori KAI

No	Persentase (%)	Kategori
1.	0 – 20	Sangat Kurang
2.	21 – 40	Kurang
3.	41 – 60	Cukup
4.	61 – 80	Baik
5.	81 – 100	Sangat Baik

(L. Sui et al., 2022)

Untuk skor angket respon menggunakan skala *Likert* 1-5. Skor yang diperoleh dari seluruh mahasiswa kemudian dihitung dengan persamaan persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{f}{N} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

P : Persentase nilai persepsi dari responden

f : Jumlah skor yang diperoleh dari responden

N : Jumlah skor maksimum

Respon mahasiswa kemudian diinterpretasikan menggunakan Tabel 4.

Tabel 4. Kategori Angket Persepsi

No	Persentase (%)	Kategori
1.	0	Tidak ada
2.	0-25	Sebagian kecil
3.	26-49	Hampir separuhnya
4.	50	Separuhnya
5.	51-75	Sebagian besar
6.	76-99	Hampir seluruhnya
7.	100	Seluruhnya

(Maisarah et al., 2023)

Perhitungan skor *gain* ternormalisasi (*N-Gain*) dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$g = \frac{S_{posttest} - S_{pretest}}{S_{max\ ideal} - S_{pretest}} \quad (4)$$

Keterangan:

g = Nilai *gain*

$S_{posttest}$ = Skor *posttest*

$S_{pretest}$ = Skor *pretest*

$S_{max\ ideal}$ = Skor maksimum ideal

Hasil perhitungan *N-Gain* kemudian ditentukan kategorinya menggunakan Tabel 5.

Tabel 5. Kategori *N-Gain*

No	Nilai	Kategori
1.	$(<g>) < 0.3$	Rendah
2.	$0.7 \geq (<g>) \geq 0.3$	Sedang
3.	$(<g>) > 0.7$	Tinggi

(L. Sui et al., 2022)

Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan *effect size* sebagai berikut:

$$d = \frac{\bar{X}_{posttest} - \bar{X}_{pretest}}{\sqrt{\frac{S_{posttest}^2 + S_{pretest}^2}{2}}} \quad (5)$$

Keterangan:

d = *Effect size*

$\bar{X}_{posttest}$ = Nilai rata-rata *posttest*

$\bar{X}_{pretest}$ = Nilai rata-rata *pretest*

$S_{posttest}$ = Simpangan standar *posttest*

$S_{pretest}$ = Simpangan standar *pretest*

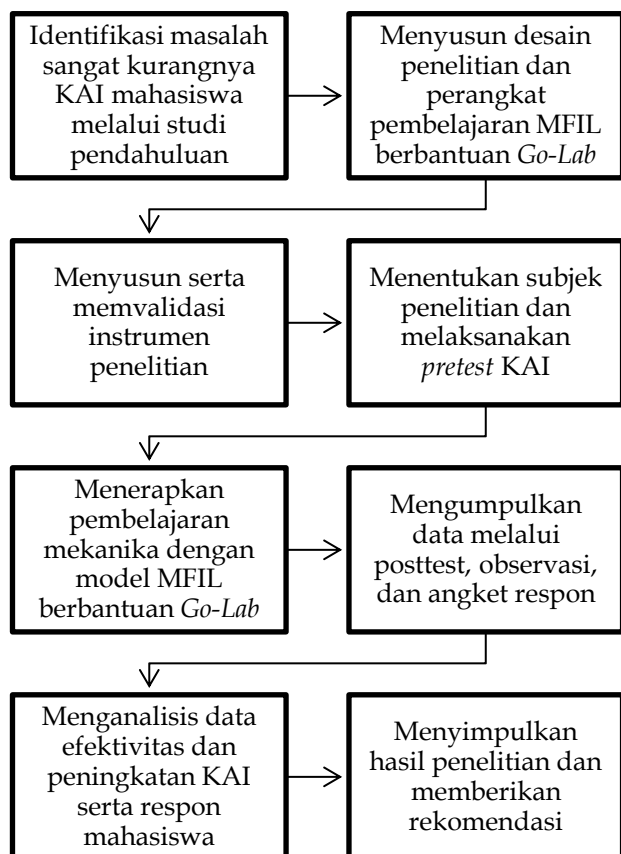
Nilai *effect size* yang diperoleh diinterpretasikan menggunakan kriteria pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria *Effect Size*

No	<i>Effect Size</i>	Kategori
1.	$d < 0,2$	Sangat Kecil
2.	$0,2 \leq d < 0,5$	Kecil
3.	$0,5 \leq d < 0,8$	Sedang
4.	$0,8 \leq d < 1,0$	Besar
5.	$d \geq 1$	Sangat Besar

(L. Sui et al., 2022)

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada diagram berikut.



Gambar 2. Prosedur Penelitian

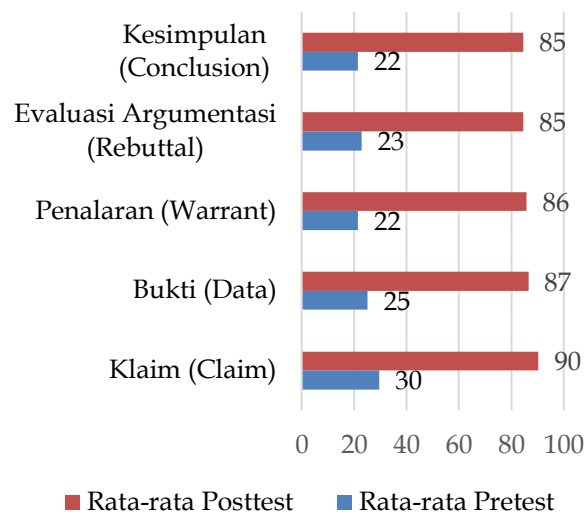
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis data KAI diperoleh data pada Tabel 7.

Tabel 7. Statistik Deskriptif Nilai *Pretest* dan *Posttest* KAI

Data Statistik	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
Nilai Tertinggi	39	96
Nilai Terendah	15	76
Rata-rata	24,16	86,38
Standar Deviasi	4,48	4,83

Untuk lebih rinci rata-rata KAI mahasiswa pada setiap indikator dapat dilihat pada Gambar 3.



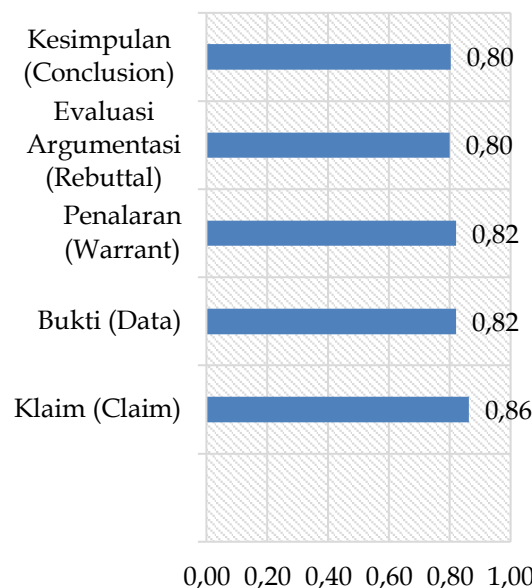
Gambar 3. Hasil Perhitungan Rata-rata KAI Setiap Indikator

Adapun hasil perhitungan *N-Gain* untuk KAI mahasiswa dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan *N-Gain* KAI

Tes	Rata-rata	<i>N-Gain</i>	Kriteria <i>N-Gain</i>
<i>Pretest</i>	24,16	0,82	Tinggi
<i>Posttest</i>	86,38		

Untuk lebih rincinya, peningkatan setiap indikator KAI dapat dilihat pada Gambar 4.

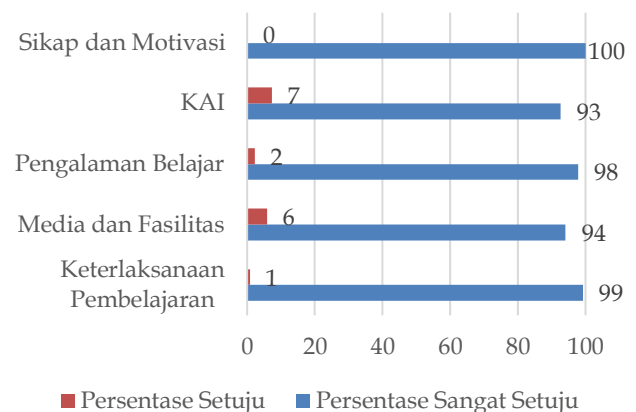


Gambar 4. Hasil Analisis *N-Gain* Setiap Indikator KAI

Pembelajaran mekanika melalui model *Modified Free Inquiry Learning* (MFIL) berbantuan *Go-Lab* efektif dalam meningkatkan Keterampilan Argumentasi Ilmiah (KAI) mahasiswa karena menyediakan lingkungan belajar yang menekankan keterlibatan aktif dalam setiap tahapan inkuiri, mulai dari perumusan hipotesis, perancangan eksperimen virtual, analisis data, hingga penyusunan kesimpulan berbasis bukti. Simulasi interaktif pada *Go-Lab* memungkinkan mahasiswa untuk memvisualisasikan konsep mekanika yang bersifat abstrak, seperti gaya, gerak, dan energi, sehingga memperkuat pemahaman konseptual yang menjadi dasar penyusunan argumen ilmiah (Pols, C. F. J., & Dekkers, 2023). Selain itu, laboratorium virtual mendukung eksperimen yang dapat diulang dengan kontrol variabel yang presisi sehingga melatih keterampilan proses sains seperti observasi, pengukuran, interpretasi data dan pengendalian variabel yang berkontribusi langsung terhadap kualitas argumentasi ilmiah (Rato et al., 2024). Lebih lanjut, penggunaan *Go-Lab* sebagai *platform Inquiry Learning Spaces* (ILS) memberikan fasilitas integrasi data numerik, grafik dan umpan balik cepat yang membantu mahasiswa menguji dan merevisi klaim sesuai dengan kerangka *Claim-Evidence-Reasoning* (CER) sehingga memperkuat konsistensi dan validitas argumen (Firth et al., 2023).

Penelitian lain juga menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis *guided inquiry* dengan bantuan laboratorium virtual mampu meningkatkan literasi sains (Faresta et al., 2023) serta memberikan pengalaman belajar yang setara bahkan lebih efektif dibandingkan laboratorium fisik dalam melatih keterampilan eksperimental dan argumentatif mahasiswa. Temuan ini konsisten dengan studi penerapan *Go-Lab* yang melaporkan respons positif mahasiswa terhadap integrasi teknologi dalam pembelajaran yang dapat meningkatkan motivasi, partisipasi dan kualitas diskusi ilmiah (Nasution & Rizka, 2024). Dengan demikian, pembelajaran mekanika dengan model MFIL berbantuan *Go-Lab* tidak hanya memperkuat penguasaan konsep mekanika tetapi juga membekali mahasiswa dengan KAI yang relevan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21.

Tahapan dalam Model MFIL berbantuan *Go-Lab* secara sistematis berkontribusi pada pengembangan KAI mahasiswa melalui indikator *claim*, *data*, *warrant*, *rebuttal*, dan *conclusion*. Pada tahap identifikasi masalah dan perumusan hipotesis, mahasiswa dilatih untuk menyusun *claim* awal yang dapat diuji secara ilmiah. Selanjutnya, melalui perancangan percobaan dan eksplorasi menggunakan simulasi *Go-Lab* yang mendukung atau menolak hipotesis sehingga memperkuat landasan argumentatif mereka (Rato et al., 2024). Data yang diperoleh kemudian dianalisis pada tahap pengolahan dan interpretasi hasil yang mendorong mahasiswa membangun *warrant* atau alasan logis yang menghubungkan *claim* dengan *data* sesuai dengan kerangka *Claim-Evidence-Reasoning* (CER) (Firth et al., 2023). Selama proses diskusi kelas dan refleksi, mahasiswa diberi kesempatan untuk mengajukan dan menanggapi argumen yang berbeda sehingga melatih keterampilan *rebuttal* dengan membandingkan keabsahan bukti yang digunakan dalam argumen alternatif (Pols, C. F. J., & Dekkers, 2023). Akhirnya, pada tahap penyusunan kesimpulan berbasis bukti, mahasiswa diajak menyusun *conclusion* yang tidak hanya merangkum temuan eksperimen, tetapi juga menunjukkan konsistensi logis antara *claim*, *data*, *warrant*, dan *rebuttal* (Faresta et al., 2023). Dengan demikian, pembelajaran mekanika dengan model MFIL berbantuan *Go-Lab* melatih KAI secara menyeluruh, memperkuat kemampuan berpikir kritis dan meningkatkan kualitas diskusi berbasis bukti yang relevan dengan tuntutan abad ke-21 (Nasution & Rizka, 2024).



Gambar 5. Hasil Analisis Data Angket Respon Mahasiswa

Hasil analisis angket respon mahasiswa terhadap pembelajaran mekanika dengan Model *Modified Free Inquiry Learning* (MFIL) berbantuan *Go-Lab* untuk melatih keterampilan argumentasi ilmiah mahasiswa dapat dilihat pada Gambar 5.

Respon positif mahasiswa terhadap pembelajaran mekanika melalui model MFIL berbantuan *Go-Lab* teramati dari keterlibatan aktif mereka dalam setiap tahapan inkuiri, meliputi perumusan hipotesis, perancangan percobaan virtual, analisis data dan penyusunan kesimpulan berbasis bukti. Mahasiswa menyatakan bahwa penggunaan laboratorium virtual melalui *Go-Lab* memfasilitasi pemahaman konsep mekanika yang bersifat abstrak melalui dukungan visualisasi dan simulasi interaktif sekaligus meningkatkan motivasi belajar. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa integrasi laboratorium virtual berbasis inkuiri dapat meningkatkan literasi sains (Faresta et al., 2023), keterampilan berpikir (Widowati et al., 2020), dan keterampilan proses sains (Rato et al., 2024). Lebih lanjut, mahasiswa menunjukkan apresiasi terhadap kesempatan untuk mengembangkan KPS, seperti observasi, interpretasi, dan pengendalian variabel dan keterampilan argumentasi ilmiah melalui diskusi berbasis data. Hasil ini konsisten dengan penelitian (Maisarah et al., 2023) yang melaporkan respons positif siswa terhadap pemanfaatan *Go-Lab* dalam pembelajaran serta (Nasution & Rizka, 2024) yang menemukan bahwa mahasiswa memiliki tingkat penerimaan tinggi terhadap penggunaan laboratorium virtual sebagai media pembelajaran. Dengan demikian, pembelajaran mekanika dengan Model *Modified Free Inquiry Learning* (MFIL) berbantuan *Go-Lab* tidak hanya berkontribusi pada penguasaan konsep tetapi juga memperkaya pengalaman belajar yang bermakna, menantang dan relevan dengan kebutuhan penguasaan keterampilan abad ke-21.

KESIMPULAN

Pembelajaran mekanika dengan Model *Modified Free Inquiry Learning* (MFIL) berbantuan *Go-Lab* terbukti efektif dalam melatih KAI mahasiswa dengan hasil efektivitas berada pada

kategori sangat besar dan peningkatan KAI pada kategori tinggi. Mahasiswa menunjukkan respon positif terhadap pembelajaran mekanika dengan model MFIL berbantuan *Go-Lab* karena pembelajaran berlangsung lebih aktif melalui pemanfaatan lembar kerja mekanika (*mechanics worksheet*) serta bantuan *Go-Lab* yang mampu menghadirkan pengalaman belajar bermakna dan mendorong mahasiswa membangun pengetahuan secara mandiri.

Penelitian selanjutnya perlu memperluas penerapan Model *Modified Free Inquiry Learning* (MFIL) berbantuan *Go-Lab* pada berbagai topik fisika guna menguji konsistensi efektivitasnya dalam konteks materi yang berbeda. Instrumen penilaian KAI juga direkomendasikan untuk dikembangkan secara lebih komprehensif melalui pendekatan rubrik argumentasi maupun asesmen autentik berbasis proyek. Selain itu, kajian pada aspek afektif, motivasi belajar dan kemampuan kolaboratif mahasiswa menjadi penting agar dampak pembelajaran dapat dianalisis secara lebih menyeluruh, tidak hanya pada ranah kognitif tetapi juga pada ranah sikap dan keterampilan sosial.

DAFTAR PUSTAKA

- Alarcon, D. U. A., Talavera-Mendoza, F., Paucar, F. H. R., Sandra, K., Caceres, K. S. C., & Viza, R. M. V. (2023). Science and inquiry-based teaching and learning : a systematic review. *Frontiers in Education*, 8, Article 1170487. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1170487>
- Antonio, R. P., & Prudente, M. S. (2024). Effects of Inquiry-Based Approaches on Students' Higher-Order Thinking Skills in Science : A Meta-Analysis To cite this article : higher-order thinking skills in science : A meta-analysis. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST)*, 12(1), 251–281. <https://doi.org/10.46328/ijemst.3216>
- Archila, P. A., Silvia, R., Truscott de Mejía, A.-M., & Bloch, N. I. (2022). Drama as a powerful tool to enrich socio-scientific argumentation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21, 1661–1683. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10320-3>

- Arslan, H. O., Genc, M., & Durak, B. (2023). Exploring the effect of argument-driven inquiry on pre-service science teachers' achievement, science process and argumentation skills and their views on the ADI model. *Teaching and Teacher Education*, 121, 103905. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2022.103905>
- Bächtold, M., Pallarès, G., De Checchi, K., & Munier, V. (2023). Combining debates and reflective activities to develop students' argumentation on socioscientific issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 60(4), 761–806. <https://doi.org/10.1002/tea.21816>
- Bierer, S. B., Dallaghan, G. B., Borges, N. J., Brondfield, S., Fung, C. C., Huggett, N., Teal, C. R., Thammasitboon, S., & Colbert, C. Y. (2025). Moving Beyond Simplistic Research Design in Health Professions Education: What a One-Group Pretest-Posttest Design Will Not Prove. *MedEdPORTAL*, 21, 11527. https://doi.org/10.15766/mep_2374-8265.11527
- Dabbous, M., Sakr, F., Safwan, J., Akel, M., Malaeb, D., Rahal, M., & Kawtharani, A. (2023). Instructional educational games in pharmacy experiential education: a quasi-experimental assessment of learning outcomes, students' engagement and motivation. *BMC Medical Education*, 23, 753. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04742-y>
- Davila-Diaz, K. (2024). On-the-Go Lab for Aqueous Reactions Demonstrations: Activities at the Microscale. *Journal of Chemical Education*, 101(5), 2149–2155. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c01317>
- De Jong, T., Lazonder, A. W., Chinn, C. A., Fischer, F., Gobert, J., Hmelo-silver, C. E., Koedinger, K. R., Krajcik, J. S., Kyza, E. A., Linn, M. C., Pedaste, M., Scheiter, K., & Zacharia, Z. C. (2024). Beyond inquiry or direct instruction: Pressing issues for designing impactful science learning opportunities. *Educational Research Review*, 44, Article 100623. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100623>
- Demircioglu, T., Karakus, M., & Ucar, S. (2023). Developing Students' Critical Thinking Skills and Argumentation Abilities Through Augmented Reality – Based Argumentation Activities in Science Classes. In *Science & Education*, 32, 1165–1195. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00369-5>
- Draucker, C. B., Rawl, S. M., Vode, E., & Carter-harris, L. (2021). Integration Through Connecting in Explanatory Sequential Mixed Method Studies. *Western Journal of Nursing Research*, 42(12), 1137–1147. <https://doi.org/10.1177/0193945920914647>
- Faresta, R. A., Safana, M., & Suhardi, R. M. (2023). The Effect of Virtual Lab (VL) Game-Based Guided Inquiry Learning on Students' Science Literacy in Indonesia. *Jurnal Teknologi Pendidikan: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 15(2), 245–258. <https://doi.org/10.33394/jtp.v8i4.8926>
- Faresta, R. A., Suhardi, R. M., & Safana, M. (2024). The effectiveness of Go-Lab based Inquiry Learning Space (ILS) as media on science subject for junior high school in Indonesia. *Jurnal Tatsqif*, 22(1), 91–109. <https://doi.org/10.20414/jtq.v22i1.11367>
- Felton, M., & Butler, C. (2022). Scientific argumentation and responsive teaching: Using dialog to teach science in three middle - school classrooms. *Science Education*, 106(6), 1354–1374. <https://doi.org/10.1002/sce.21740>
- Firth, C., Shamoun, F., Apolinario, M., Lim, E. S., Zhang, N., & Keddis, M. T. (2023). Safety and mortality outcomes for direct oral anticoagulants in renal transplant recipients. *PLoS ONE*, 18(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285412>
- Gouvea, J., Appleby, L., Fu, L., & Wagh, A. (2022). Motivating and shaping scientific argumentation in lab courses: A design experiment in an introductory biology laboratory. *CBE – Life Sciences Education*, 21(4). <https://doi.org/10.1187/cbe.21-11-0316>
- Jong, T. De, Gillet, D., Rodríguez-Triana, M. J., Hovardas, T., Dikke, D., Doran, R., Dziabenko, O., & Koslowsky, J. (2021). Understanding teacher design practices for

- digital inquiry - based science learning : the case of Go - Lab. *Educational Technology Research and Development*, 69(2), 417-444. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09904-z>
- Li, X., Wang, W., & Li, Y. (2022). Systematically reviewing the potential of scientific argumentation to promote multidimensional conceptual change in science education. *International Journal of Science Education*, 44(7), 1165-1185. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2070787>
- Mahmudah, H., Rokhmat, J., Kosim, & Mustofa, H. A. (2024). Practicality of Causalytic Model Learning Integrated to Character Values Assisted by Go - Lab Platform to Improve Students ' Problem Solving and Creative Thinking Abilities. *International Journal of Contextual Science Education*, 1(2), 43-47. <https://doi.org/10.29303/ijcse.v1i2.575>
- Maisarah, S., Rahmawati, I., & Suryandari. (2023). Validity and Response to the Go-Lab ILS Platform Assisted E-Module on Light Wave Material. *Jurnal Tadris Ilmu Pengetahuan Alam*, 12(2), 99-114. <https://jurnal.uin-antasari.ac.id/index.php/jtijk/article/view/10623>
- Nasution, N. E. A., & Rizka, C. (2024). Investigation of university student's acceptance of virtual and remote labs in their learning. *Lentera Pendidikan: Jurnal Ilmu Tarbiyah Dan Keguruan*, 27(1), 47-62. <https://doi.org/10.24252/lp.2024v27n2i7>
- Polis, C. F. J., & Dekkers, P. J. J. M. (2023). Redesigning a first year physics lab course on the basis of the procedural and conceptual knowledge in science model. *Physical Review Physics Education Research*, 19(1), 10117. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEduRes.19.010117>
- Putri, I. A., Suana, W., Suyanto, E., & Hasan, M. F. (2024). Enhancing Scientific Argumentation Skills in High School Physics: A Blended Learning Approach with Project-based Instruction. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 9(2), 152-160. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v12i1.5267>
- Rato, A. U. A., , Akmal Arif Herdiawan, I., Wilujeng, Sabar Nurohman, Laifa Rahmawati, I. F., & Natadiwijaya. (2024). The effect of inquiry-based virtual laboratory on students' science process skills. *Eduscience: Jurnal Pendidikan*, 11(3), 658-671. <https://jurnal.ulb.ac.id/index.php/eduscience/article/view/6484>
- Romadhan, M. F. R., Wijaya, A., & Samiha, Y. T. (2024). Development of a Biology-Based Practical Guide Modified Free Inquiry to Grow Teamwork Skill Student. *International Journal of Education, Information Technology and Others*, 7(4), 248-260. <https://jurnal.peneliti.net/index.php/IJEIT/article/view/11197>
- Siantuba, J., Nkhata, L., & De Jong, T. (2023). The impact of an online inquiry - based learning environment addressing misconceptions on students ' performance. *Smart Learning Environments*, 10, Article 22. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00236-y>
- Sui, C. J., Chen, H. C., Cheng, P. H., & Chang, C. Y. (2023). The Go-Lab Platform, an Inquiry-learning Space: Investigation into Students' Technology Acceptance, Knowledge Integration, and Learning Outcomes. *Journal of Science Education and Technology*, 31(1), 61-77. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-10008-x>
- Sui, L., Zhang, J., Wang, Y., & Wang, Y. (2022). Exploring the impact of an inquiry-based virtual laboratory on students' conceptual understanding and scientific argumentation skills in physics. *Journal of Science Education and Technology*, 31(4), 456-469. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10956-021-09937-9>
- Syarqiy, D., Yuliaty, L., & Taufiq, A. (2023). Exploration of Argumentation and Scientific Reasoning Ability in Phenomenon-Based Argument-Driven Inquiry Learning in Newton ' s Law Material. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 9(12), 695-703. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.4589>
- Triananda, L., Sutopo, & Ulfa, M. (2023). A systematic literature review of physics

learning on students' argumentation skills.
Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni,
12(1), 71-82.
<https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v12i1.6024>

Widowati, A., Nurohman, S., & Setyowarno, D.
(2020). Development of Inquiry-Based
Science Virtual Laboratory for Improving
Student Thinking Skill of Junior High
School. *Jurnal Penelitian Dan Evaluasi
Pendidikan*, 1866(2), 170-177.
[https://doi.org/https://journal.uny.ac.id/
index.php/jpms/article/view/16708](https://doi.org/https://journal.uny.ac.id/index.php/jpms/article/view/16708)