



Efektivitas Penggunaan *Virtual lab Qreatif Educative* terhadap Peningkatan Pemahaman Konsep Siswa SMP pada Materi Suhu dan Kalor



Afi Fatul Lutfiah^{*}, Wakhid Akhdinirwanto

Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Muhammadiyah Purworejo

^{*}E-mail: fatulafi5124@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.33369/pendipa.10.1.138-144>

ABSTRACT

[Effectiveness of Using Qreatif Educative Virtual Lab to Improve Junior High School Students' Conceptual Understanding of Temperature and Heat] This study aims to examine the effectiveness of implementing Qreatif Educative Virtual Lab in improving middle school students' conceptual understanding of temperature and heat. This study uses a quasi-experimental approach with a single-group pretest-posttest design. The research subjects consisted of 18 students from class VII A at a junior high school in Kemiri District, Purworejo Regency, in the 2025/2026 academic year. The research instrument was a 10-item multiple-choice test administered before and after the treatment. The data were analyzed using the N-Gain test to assess the increase in conceptual understanding and the paired t-test to test the difference in learning outcomes. The average student score increased from 43.8 to 65.5 with an N-Gain value of 0.376, which falls into the moderate category. The paired t-test showed a significant difference ($p < 0.05$). Thus, the use of the Qreatif Educative Virtual Lab proved to be effective in improving students' conceptual understanding, although further optimization in the learning process is still needed.

Keywords: virtual laboratory, Qreatif Educative, conceptual understanding, temperature and heat.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas penerapan *Qreatif Educative Virtual lab* dalam meningkatkan pemahaman konseptual siswa sekolah menengah pada materi suhu dan kalor. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuasi-eksperimental dengan desain pretest–posttest satu kelompok. Subjek penelitian terdiri dari 18 siswa dari kelas VII A di sebuah SMP di Kecamatan Kemiri, Kabupaten Purworejo, pada tahun ajaran 2025/2026. Instrumen penelitian berupa tes pilihan ganda sebanyak 10 butir yang diberikan sebelum dan sesudah perlakuan. Data dianalisis menggunakan uji N-Gain untuk menilai peningkatan pemahaman konsep dan uji t-pasang untuk menguji perbedaan hasil belajar. Rata-rata skor siswa meningkat dari 43,8 menjadi 65,5 dengan nilai N-Gain sebesar 0,376, yang masuk dalam kategori sedang. Uji t-berpasangan menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$). Dengan demikian, penggunaan *Qreatif Educative Virtual lab* terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa, meskipun optimasi lebih lanjut dalam proses pembelajaran masih diperlukan.

Kata kunci: laboratorium virtual, Qreatif Educative, pemahaman konseptual, suhu dan kalor.

PENDAHULUAN

Pemahaman konsep merupakan kemampuan untuk menafsirkan makna mendasar dari sebuah ide, prinsip, atau hubungan, bukan sekadar mengingat fakta atau prosedur. Pemahaman konseptual dapat didefinisikan sebagai kapasitas kognitif individu

untuk membangun makna dan menangkap esensi suatu konsep secara menyeluruh (Pratiwi & Ermiana, 2022). Pemahaman konseptual merupakan kompetensi dasar dalam pembelajaran, di mana penguasaan konsep berfungsi sebagai syarat bagi siswa untuk mengembangkan keterampilan yang

komprehensif di semua materi pembelajaran (Siahaan & Sihotang, 2023). Pemahaman konsep bukan sekedar mampu menghafal, tetapi tentang memperdalam pemahaman siswa terhadap materi yang disajikan (Akhdinirwanto et al., 2024).

Kemampuan pemahaman konsep sangat dibutuhkan dalam pembelajaran fisika, sebagai salah satu contohnya yaitu pada materi suhu dan kalor yang Menjadi materi penting dalam kurikulum fisika sekolah menengah pertama. Materi suhu dan kalor sangat terkait dengan berbagai fenomena yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari seperti perpindahan panas, perubahan keadaan zat dan pencapaian kesetimbangan termal. Meskipun tampak sederhana pada permukaan, materi tentang suhu dan panas memiliki kedalaman konseptual yang kompleks (Iswanto et al., 2022). Namun, pada kenyataannya, banyak siswa mengalami kesalahan pemahaman dalam memahami hubungan antara suhu, panas, dan energi, terutama ketika pembelajaran masih didominasi oleh pendekatan teoretis dan kurang aktivitas eksploratif. Situasi ini menunjukkan urgensi penerapan strategi pembelajaran interaktif dan praktik langsung untuk memfasilitasi terbentuknya pemahaman konsep yang bermakna.

Pada pembelajaran fisika, selain pemahaman terhadap materi ajar, kegiatan eksperimen atau percobaan juga sangat penting untuk menunjang pemahaman konsep, melatih keterampilan ilmiah, dan membangkitkan rasa ingin tahu serta minat siswa. Salah satu solusi alternatif dari kegiatan eksperimen adalah dengan menggunakan laboratorium virtual. Keberadaan laboratorium virtual mengatasi tantangan keterbatasan sumber belajar, menjadikannya sebagai media dengan nilai efektif secara strategis untuk diterapkan (Meilina et al., 2023). Laboratorium virtual adalah simulasi berbasis komputer yang memungkinkan pembelajar melakukan eksperimen secara interaktif, tanpa bergantung pada fasilitas fisik konvensional (Akbar, 2025).

Implementasi laboratorium virtual dapat dilihat pada laboratorium virtual suhu dan kalor yang dikembangkan oleh Qreatif.id. Ketersediaan materi dan simulasi yang komprehensif dalam aplikasi ini memungkinkan

akses yang cepat dan praktis, yang pada akhirnya mengoptimalkan proses pembelajaran dengan menyederhanakan kegiatan eksperimen. Kemudahan operasional merupakan ciri khas dari aplikasi laboratorium virtual qreatife educative ini di PlayStore. Kesederhanaan antarmuka dan penggunaan bahasa Indonesia menjadikannya media yang inklusif bagi siswa, masyarakat umum, dan pemula untuk melakukan simulasi (Zaki et al., 2024).

Meskipun berbagai platform pembelajaran interaktif seperti Wordwall, Powtoon, dan Kahoot telah banyak dipelajari, penerapan Qreatif Educative Virtual lab, khususnya dalam konteks pemahaman konsep pada materi Suhu dan Kalor tingkat sekolah menengah pertama belum banyak mendapatkan perhatian ilmiah. Kesenjangan literatur ini menunjukkan perlunya penelitian yang lebih mendalam. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis efektifitas penerapan *Qreatif Educative Virtual lab* pada peningkatan pemahaman konsep siswa SMP pada materi Suhu dan Kalor.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian *weak eksperimen*. *Weak eksperimen* adalah desain eksperimen yang belum memenuhi semua kriteria eksperimen sejati, terutama karena tidak adanya kelompok kontrol dan/atau tidak dilakukan pengukuran awal (*pretest*). Meskipun memiliki keterbatasan dalam mengendalikan variabel eksternal, metode *weak eksperimen* tetap relevan untuk menilai efektivitas suatu perlakuan dalam kondisi lapangan dunia nyata (Campbell & Stanley, 1963). Desain penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini adalah One-Group Pretest-Posttest Design. Desain ini merupakan rancangan yang dibuat untuk satu kelompok yang diberi tes awal (*pre-test*), kemudian diberi perlakuan (*reatment*), dan yang terakhir diberikan tes akhir pasca perlakuan (*posttest*). Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efektivitas penerapan laboratorium virtual Qreatif Educative pada materi suhu dan panas bagi siswa sekolah menengah pertama (SMP).

Alur penelitian dimulai dengan penentuan subjek penelitian, yaitu sekelompok siswa yang

dipilih secara langsung tanpa melalui proses pengelompokan kontrol. Selanjutnya, peneliti melaksanakan tahap persiapan dengan mengembangkan perangkat pembelajaran, media laboratorium virtual Qreatif Educative, serta instrumen penelitian yang digunakan untuk mengukur hasil belajar. Tahap berikutnya adalah pelaksanaan perlakuan (treat), yang melibatkan pembelajaran fisika dengan topik suhu dan panas dengan memanfaatkan laboratorium virtual Qreatif Educative sebagai media pembelajaran utama. Pembelajaran ini dirancang agar siswa dapat melakukan eksperimen secara virtual, mengamati fenomena, dan memahami konsep secara interaktif. Setelah perlakuan diberikan, hasil belajar siswa diukur menggunakan instrumen yang telah disiapkan untuk mendapatkan data pascaperlakuan (posttest).

Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat keefektifan penggunaan laboratorium virtual Qreatif Educative dalam pembelajaran. Hasil akhir dari *weak-experimen* ini dapat dilihat dari hasil *posttest*. Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar untuk menarik kesimpulan mengenai dampak penerapan laboratorium virtual terhadap pemahaman siswa tentang topik suhu dan panas dalam kondisi pembelajaran di kelas secara nyata. Dalam penelitian ini, subjek diberikan perlakuan berupa pembelajaran menggunakan *Virtual lab* Qreatif Educative pada Materi Suhu dan Kalor (X). Variabel dependen dalam penelitian ini adalah kemampuan pemahaman konsep siswa (O). Desain satu kelompok dengan hanya mengukur pasca perlakuan (*Weak-experiment*) dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. (one-group pretest-posttest design)

Pre-test	Treatment	Posttest
O ₁	X	O ₂

Keterangan:

O₁ :Pemahaman konsep siswa sebelum diberikan pembelajaran menggunakan *Virtual lab* Qreatif Educative pada Materi Suhu dan Kalor.

O₂ :Pemahaman konsep siswa sesudah diberikan pembelajaran menggunakan

Virtual lab Qreatif Educative pada Materi Suhu dan Kalor.

X :Pembelajaran menggunakan *Virtual lab* Qreatif Educative pada Materi Suhu dan Kalor.

Penelitian ini dilakukan di salah satu SMP di Kec. Kemiri, Kab. Purworejo Tahun Ajaran 2025/2026 dengan subjek penelitian siswa kelas VII A. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah pembelajaran menggunakan *virtual lab* qreatif educative pada materi suhu dan kalor sebagai variabel bebas, dan pemahaman konsep sebagai variabel terikat. Penelitian ini dilakukan melalui serangkaian tahapan termasuk persiapan, perencanaan, dan penyampaian temuan. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes pilihan ganda yang terdiri dari 10 pertanyaan. Pertanyaan-pertanyaan tersebut dirancang berdasarkan indikator pemahaman konsep (Siahaan & Sihotang, 2023). Adapun pertanyaan-pertanyaan tersebut dirangkum dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. Indikator Pemahaman Konsep

No	Indikator	Deskripsi
1	Menguraikan kembali konsep	Kemampuan siswa dalam menjelaskan kembali konsep yang telah mereka pelajari.
2	Mengelompokkan objek sesuai konsep	Kemampuan siswa dalam mengamati dan mengelompokkan suatu objek berdasarkan karakteristik tertentu yang sesuai dengan konsep.
3	Memberikan contoh dan bukan contoh berdasarkan konsep	Kemampuan siswa dalam menyebutkan contoh dan bukan dari konsep
4	Penyajian konsep dalam bentuk representasi ilmiah	Kemampuan siswa dalam menyampaikan konsep melalui gambar, diagram, bagan, grafik, atau model fisik.
5	Menerapkan dan memanfaatkan prosedur yang sesuai	Kemampuan siswa dalam mengetahui dan melaksanakan urutan metode yang benar untuk menerapkan suatu konsep.
6	Menerapkan konsep	Kemampuan siswa dapat

dalam pemecahan masalah	menggunakan konsep yang telah dipelajari untuk memecahkan masalah.
-------------------------	--

Analisis data dilakukan dengan N-Gain dan Uji t berpasangan. N-Gain merupakan teknik analisis data dimana teknik pengumpulan data dilakukan dengan *pretest* dan *posttest*, dengan jumlah soal 10 butir. N-Gain dihitung menggunakan persamaan (Oktaviani et al., 2017).

$$<g> = \frac{<Spost> - <Spre>}{<Smax> - <Spre>}$$

Keterangan:

<g> = Rata-rata gain dinormalisasi

<Spost> = Skor rata-rata *posttest* yang diperoleh siswa

<Spre> = Skor rata-rata *pretest* yang diperoleh siswa

<Smax> = Skor maksimum siswa

Rata-rata N-gain yang diperoleh pada pengukuran pemahaman konsep menunjukkan kategori peningkatan pemahaman konsep siswa. Kategori tersebut dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Skor N-Gain

Rentang	Kategori
N-Gain $\geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq$ N-Gain $< 0,7$	Sedang
N-Gain $\leq 0,3$	Rendah

Setelah dilakukan analisis N-Gain, selanjutnya dilakukan Uji-t berpasangan untuk melihat signifikansi kenaikan N-Gain. Uji-t berpasangan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan hasil belajar siswa sebelum dan sesudah penerapan pembelajaran, sehingga dapat diketahui efektivitas perlakuan yang diberikan.

HASIL DAN DISKUSI

Penelitian menggunakan *pretest* kepada kelompok eksperimen dilakukan untuk melihat kemampuan awal murid. Selanjutnya peneliti memberikan perlakuan berupa pembelajaran dengan menggunakan laboratorium virtual pada

materi suhu dan kalor. Setelah perlakuan diberikan kepada murid tersebut, peneliti memberikan *posttest* untuk melihat perbandingan kemampuan pemahaman konsep akhir dari murid tersebut. Hasil *pretest* murid dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil *Pretest* murid

Keterangan	N	Min	Max	Mean
Pre Eksperimen	18	10	60	43,8
Valid N (listwise)	18			

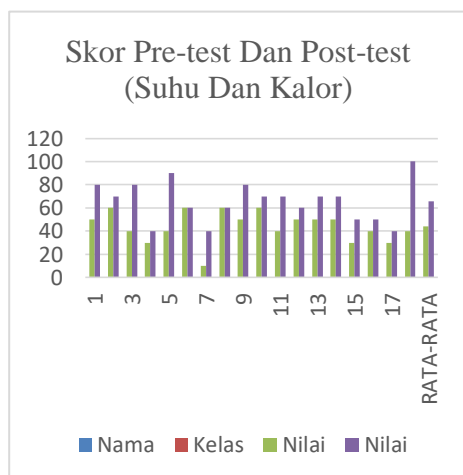
Berdasarkan hasil *pretest* pada **Tabel 3**, dapat dilihat bahwa rata-rata nilai *pre-test* murid sebesar 43,8. Adapun nilai tertinggi dari *pre-test* tersebut sebesar 60, sedangkan nilai terendah dari hasil *pre-test* tersebut sebesar 10. Adapun hasil *posttest* dari murid setelah diberikan perlakuan dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil *Posttest* murid

Keterangan	N	Min	Max	Mean
Pre Eksperimen	18	40	100	65,5
Valid N (listwise)	18			

Berdasarkan hasil *posttest* pada **Tabel 4**, dapat dilihat bahwa rata-rata nilai *post-test* murid sebesar 65,5. Adapun nilai tertinggi dari *pos-test* tersebut sebesar 100, sedangkan nilai terendah dari hasil *pos-test* tersebut sebesar 40. Berdasarkan nilai pre-test dan post-test yang dihasilkan dapat diperoleh hasil selisih nilai terendah sebesar 30 dan nilai tertinggi sebesar 40. Untuk melihat lebih jelas, peningkatan skor pemahaman konsep siswa untuk materi suhu dan kalor dengan menggunakan virtual lab dari pre-test ke post-test digambarkan dalam **Gambar 1**.

Langkah selanjutnya adalah melakukan uji N-Gain dengan tujuan untuk mengetahui tingkat keefektifan penggunaan *virtual lab* creative educative pada kemampuan pemahaman konsep murid SMP. Hasil uji N-Gain disajikan di **Tabel 5**.

**Gambar 1** (Skor *Pretest* dan Pos-test)**Tabel 5.** (Hasil Uji N-Gain)

No	Inisial	N Gain Score	N Gain Score (%)
1	AIF	0,6	60
2	A	0,25	25
3	EZS	0,666666667	66,66666667
4	ENS	0,142857143	14,28571429
5	HLZ	0,833333333	83,33333333
6	HMS	0	0
7	ITA	0,333333333	33,33333333
8	MA	0	0
9	NSN	0,6	60
10	NNS	0,25	25
11	NDF	0,5	50
12	NS	0,2	20
13	NM	0,4	40
14	NA	0,4	40
15	T	0,285714286	28,57142857
16	UB	0,166666667	16,66666667
17	ZMN	0,142857143	14,28571429
18	ZTM	1	100
N Gain Rata-Rata		0,37619048	37,619048

Analisis komprehensif terhadap nilai N-Gain menunjukkan bahwa efektivitas penggunaan laboratorium virtual bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh berbagai faktor. Variasi yang sangat besar dalam peningkatan pemahaman konseptual di antara para siswa (0%–100%) menunjukkan respons yang tidak

merata, kemungkinan terkait dengan perbedaan gaya belajar, motivasi, keterampilan teknologi, atau kemampuan awal yang rendah sebagaimana terlihat dari skor *pretest* minimum. Meskipun skor *pretest* yang rendah memberikan peluang untuk peningkatan yang substansial dan terdapat peningkatan rata-rata skor *posttest*, nilai N-Gain rata-rata yang masih termasuk kategori sedang (0,37) menunjukkan bahwa tingkat penguasaan konsep belum mencapai level ideal. Temuan ini menegaskan bahwa laboratorium virtual efektif dalam meningkatkan pemahaman, tetapi efektivitas ini belum optimal dan memerlukan dukungan tambahan seperti bimbingan individu, pelatihan penggunaan aplikasi, atau integrasi dengan metode pembelajaran lain. Namun demikian, Peningkatan rata-rata nilai dan perbaikan nilai minimum masih menunjukkan kemajuan keseluruhan dalam kemampuan siswa.

Setelah dilakukan uji N-Gain, selanjutnya dilakukan Uji-t berpasangan. Hipotesis Uji-t berpasangan dalam penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut.

H0: Tidak terdapat perbedaan rata-rata hasil belajar siswa sebelum dan sesudah perlakuan.

H1: Terdapat perbedaan rata-rata hasil belajar siswa sebelum dan sesudah perlakuan.

Adapun hasil uji-test digambarkan pada **Tabel 6.**

Tabel 6. (Hasil uji t-test)

t-Test: Paired Two Sample for Means

	<i>Pre-test</i>	<i>Posttest</i>
Mean	43,88889	65,55556
Variance	178,1046	296,732
Observations	18	18
Pearson Correlation	0,437834	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	17	
t Stat	-5,5581	
P(T<=t) one-tail	1,73E-05	
t Critical one-tail	1,739607	
P(T<=t) two-tail	3,47E-05	
t Critical two-tail	2,109816	

Hasil analisis menggunakan uji t sampel berpasangan menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara skor *pretest* dan *posttest* siswa. Rata-rata skor *pretest* adalah 43,89, sedangkan rata-rata skor *posttest* meningkat menjadi 65,56. Peningkatan rata-rata skor ini menunjukkan adanya peningkatan pemahaman siswa setelah diberikan perlakuan instruksional.

Berdasarkan hasil uji t, nilai t yang dihitung adalah -5,56 dengan 17 derajat kebebasan (df). Nilai signifikansi dua sisi (p two-tail = $3,47 \times 10^{-5}$) lebih kecil dari tingkat signifikansi 0,05, sehingga hipotesis nol ditolak. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil belajar siswa sebelum dan sesudah perlakuan diterapkan. Nilai korelasi Pearson sebesar 0,438 menunjukkan hubungan yang sedang antara skor *pretest* dan *posttest*, yang menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar terjadi secara relatif konsisten di antara sebagian besar siswa. Variansi yang lebih besar pada skor *posttest* dibandingkan dengan skor *pretest* menunjukkan bahwa setelah pembelajaran, kemampuan siswa menjadi lebih beragam, yang mungkin disebabkan oleh perbedaan tingkat pemahaman individu dan kecepatan belajar dalam mengikuti proses pembelajaran.

Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan *Qreatif Educative Virtual lab* dalam proses pembelajaran memberikan efek positif dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa. Peningkatan yang signifikan pada skor *posttest* menegaskan bahwa pembelajaran yang diberikan mampu membantu siswa memahami materi lebih baik dibandingkan sebelum perlakuan. Dengan demikian, penerapan *Qreatif Educative Virtual lab* dalam pembelajaran dianggap efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa. Hasil ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang menyebutkan bahwa penggunaan laboratorium virtual efektif meningkatkan penguasaan materi rangkaian resistor siswa (Sidoarum et al., 2022). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa penggunaan *virtual lab* yang dipadukan dengan model pembelajaran PBL efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa (Luthfianingrum & Sumarna, 2024). Kemampuan penguasaan konsep dan berpikir kritis siswa mengalami kenaikan dengan pengaruh model pembelajaran

inkuiri terbimbing yang dipadukan dengan *Virtual Lab* (Rahma et al., 2025).

KESIMPULAN

Penerapan pembelajaran menggunakan *Qreatif Educative Virtual lab* pada materi suhu dan panas terbukti memberikan dampak positif terhadap pemahaman konsep siswa sekolah menengah pertama. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan nilai rata-rata sebesar 21,7 pada *posttest*, hasil analisis N-Gain menunjukkan nilai rata-rata 0,376, yang masuk ke dalam kategori efektivitas sedang. Selain itu, hasil uji t berpasangan menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara hasil belajar sebelum dan sesudah perlakuan. Dengan demikian, pembelajaran berbasis laboratorium virtual efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual siswa, namun tetap memerlukan optimasi melalui bimbingan dan strategi pembelajaran yang tepat untuk mencapai hasil yang lebih maksimal.

Penelitian ini menunjukkan implikasi bahwa salah satu solusi untuk menghadapi keterbatasan sarana laboratorium di sekolah adalah pemanfaatan *Qreatif Educative Virtual lab* sebagai alternatif efektif dan praktis untuk mendukung pembelajaran Fisika terutama pada materi suhu dan kalor. Dengan adanya *virtual lab* mendukung kegiatan eksplorasi siswa secara lebih visual dan interaktif, sehingga memicu peningkatan pemahaman konseptual siswa.

Penelitian ini juga menghasilkan manfaat praktis bagi guru dalam upaya peningkatan kualitas proses pembelajaran fisika dengan menjadikan hasil penelitian ini sebagai referensi dalam merencanakan pembelajaran berbasis teknologi. Selain itu, penelitian ini dapat dijadikan landasan oleh peneliti lain untuk mengembangkan *Qreatif Educative Virtual lab* pada materi fisika yang lain. Sehingga diharapkan dapat menghasilkan pembelajaran yang lebih optimal dan bermakna bagi siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, I. M. (2025). Virtual laboratorium sebagai media pembelajaran karakter siswa: studi literatur. *Jurnal Harmoni Pendidikan*, 1(1), 1–8.
<https://doi.org/https://doi.org/10.64845/jhp.v1i1.27>

- Akhdinirwanto, R. W., Hikmah, N., & Maftukhin, A. (2024). Effectiveness of argumentation flipped learning (AFL) assisted by macromedia flash software to improve student's understanding of physics concepts. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 9(2), 293–301. <https://doi.org/10.26737/jipf.v9i2.4845>
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Houghton Mifflin.
- Iswanto, I. H., Yuniasti, A., Wulandari, R., Bagus, D., Astid, R., & Chandra, M. (2022). Identifikasi pemahaman konsep siswa pada materi suhu dan kalor di mts agung mulia. *Jurnal Natural Science Education Research*, 5(2), 129–137. <https://doi.org/https://doi.org/10.21107/nse.r.v5i2.17588>
- Luthfianingrum, N., & Sumarna. (2024). Pengaruh model pembelajaran PBL berbantuan virtual lab terhadap motivasi elajar dan pemahaman konsep. *Jurnal Pendidikan FISIKA*, 11(02), 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jpf.v11i2.21881>
- Meilina, I. L., Rohmah, A. A., F. D. S. N., A. L., & Farikha, N. (2023). Studi literatur efektivitas virtual laboratorium pada pembelajaran fisika. *Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pembelajaran*, 1(2), 40–50. <https://doi.org/https://doi.org/10.58706/jip.p.v1n2.p40-50>
- Oktaviani, P., Hartono, & Marwoto, P. (2017). Pengembangan multimedia interaktif bervisi SETS sebagai alat bantu model problem based learning (PBL) dalam pembelajaran IPA di SMP untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan sosial peserta didik. *Pancasakti Science Education Journal*, 2(2), 125–137. <https://doi.org/http://e-journal.ups.ac.id/index.php/psej>
- Pratiwi, E. M., & Ermiana, I. (2022). Pengaruh penggunaan video pembelajaran terhadap pemahaman konsep IPA siswa. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(2), 381–386. <https://doi.org/https://doi.org/10.29303/jip.p.v7i2.466>
- Rahma, D. M., Yuliati, L., Virtual, L., & Terbimbing, I. (2025). Conceptual understanding and critical thinking skills assisted by a virtual laboratory through guided inquiry learning. *Kasuari: Physics Education Journal*, 8(2), 477–486. <https://doi.org/https://doi.org/10.37891/kpe.j.v8i2.916>
- Siahaan, F. E., & Sihotang, C. (2023). Pengaruh model pembelajaran discovery learning untuk meningkatkan pemahaman konsep IPA siswa SMP satrya budi perdagangan. *Jurnal Simki Pedagogia*, 6(1), 161–168. <https://doi.org/https://doi.org/10.29407/jsp.v6i1.233>
- Sidoarum, J. P., Konsep, P., & Resistor, R. (2022). Penggunaan media pembelajaran fisika dengan virtual laboratory berbasis “PhET interactive simulations” untuk meningkatkan kemampuan penguasaan konsep kognitif rangkaian resistor. *COMPTON (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 9(1), 122–130.
- Zaki, M., Alfahinsa, M., Nuril, A., & Fauziyah, M. (2024). Telaah aplikasi vlab suhu dan kalor sebagai media pembelajaran IPA. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA XVI 2024*, 2(1), 113–119.