

Penerapan Media Pembelajaran *Virtual Laboratory (Phet)* terhadap Kemampuan Literasi Sains Siswa pada Materi Zat dan Perubahannya di SMP Kelas VII

Nurain Duhe, Tirtawaty Abdul*, Ritin Uloli, Muhammad Yusuf, Nurhayati Nurhayati
Program Studi Pendidikan IPA, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

*Corresponding Author: tirtawaty@ung.ac.id

Dikirim: 26-05-2026; Direvisi: 19-06-2026; Diterima: 23-06-2026

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan media Laboratorium Virtual berbasis Physics Education Technology (PhET) terhadap kemampuan literasi sains siswa pada materi zat dan perubahannya di SMP Kabupaten Gorontalo. Penelitian menggunakan metode kuasi-eksperimen dengan desain *One Group Pretest-Posttest Design*. Subjek penelitian terdiri atas satu kelas eksperimen di SMP Negeri 1 Dungaliyo dan tiga kelas replikasi di SMP Negeri 1 Bongomeme dengan jumlah masing-masing 20 siswa pada tahun ajaran 2025/2026. Data dikumpulkan melalui tes esai literasi sains, lembar observasi, dan angket respons siswa. Analisis data dilakukan menggunakan uji-t dan indeks N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual PhET berpengaruh signifikan terhadap kemampuan literasi sains siswa. Rata-rata nilai meningkat dari 46,5 pada pretest menjadi 90,3 pada posttest, didukung oleh nilai thitung > ttabel sehingga hipotesis alternatif diterima. Nilai N-Gain berada pada kategori tinggi. Peningkatan terjadi pada aspek menjelaskan fenomena ilmiah, mengevaluasi penyelidikan ilmiah, dan menafsirkan data serta bukti ilmiah. Dengan demikian, media PhET efektif digunakan sebagai inovasi pembelajaran IPA untuk meningkatkan literasi sains siswa.

Kata Kunci: Laboratorium Virtual; PhET; literasi sains; materi dan perubahannya; pendidikan sains.

Abstract: This study aims to analyze the effect of the use of Virtual Laboratory media based on Physics Education Technology (PhET) on students' scientific literacy skills on the material of substances and their changes in junior high schools in Gorontalo Regency. The study used a quasi-experimental method with a One Group Pretest-Posttest Design. The research subjects consisted of one experimental class at SMP Negeri 1 Dungaliyo and three replication classes at SMP Negeri 1 Bongomeme with a total of 20 students each in the 2025/2026 academic year. Data were collected through scientific literacy essay tests, observation sheets, and student response questionnaires. Data analysis was carried out using the t-test and the N-Gain index. The results showed that the use of the PhET virtual laboratory had a significant effect on students' scientific literacy skills. The average score increased from 46.5 in the pretest to 90.3 in the posttest, supported by the t-test value > t-table so that the alternative hypothesis was accepted. The N-Gain value was in the high category. Improvements occurred in the aspects of explaining scientific phenomena, evaluating scientific investigations, and interpreting data and scientific evidence. Thus, PhET media is effectively used as a science learning innovation to improve students' scientific literacy.

Keywords: Virtual Laboratory; PhET; science literacy; matter and its changes; science education.

PENDAHULUAN

Pembelajaran sains memegang posisi krusial dalam membekali peserta didik dengan perspektif, kompetensi praktis, dan integritas ilmiah yang relevan guna menjawab tantangan dinamika global serta era Revolusi Industri 4.0. Transformasi dalam pendidikan sains difokuskan pada penguatan literasi sains, sebuah kecakapan komprehensif dalam menafsirkan, mengaplikasikan, sekaligus mengevaluasi prinsip-prinsip ilmiah di berbagai konteks kehidupan nyata. Oleh karena itu, esensi literasi sains tidak lagi sekadar berpusat pada retensi teori, melainkan mencakup kapabilitas analitis dalam memecahkan problematika serta merumuskan keputusan strategis yang rasional berdasarkan pada fakta dan data empiris (Cahyani & Suniasih, 2022).

Di samping itu, pendidikan sains mengemban fungsi strategis dalam membekali peserta didik menghadapi dinamika abad ke-21, sebuah era yang menempatkan pemahaman saintifik sebagai salah satu pilar kompetensi krusial. Karakteristik literasi sains tidak lagi sebatas retensi terhadap teori dan hukum ilmiah, melainkan mencakup kecakapan dalam melakukan analisis kritis serta mendayagunakan data saintifik demi merumuskan keputusan yang objektif. Kendati demikian, potret empiris dari capaian *Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2022 justru mengonfirmasi bahwa kompetensi sains yang dimiliki oleh pelajar Indonesia secara umum masih berada pada kategori yang memprihatinkan (Desih et al., 2023)

Akselerasi teknologi informasi dan komunikasi membuka peluang besar bagi sektor pendidikan untuk mengonstruksi metode instruksional yang lebih interaktif dan berdaya guna. Di antara berbagai terobosan dalam pembelajaran IPA, pemanfaatan laboratorium virtual berbasis *Physics Education Technology* (PhET) hadir sebagai solusi inovatif. Platform PhET menyediakan ekosistem simulasi interaktif yang didesain khusus guna menjembatani pemahaman konsep-konsep sains yang abstrak lewat aktivitas eksperimen digital. Melalui integrasi media ini, peserta didik diberikan ruang untuk menyelenggarakan praktikum secara mandiri tanpa harus terkendala oleh keterbatasan fasilitas laboratorium fisik (Chiu et al., 2015).

Berdasarkan laporan *Programme for International Student Assessment* (PISA), capaian literasi sains pelajar Indonesia secara konsisten masih menempati kuadran rendah di bawah rerata global. Realitas empiris ini mengindikasikan adanya hambatan serius pada diri siswa dalam menginternalisasi sekaligus mengorelasikan konsep-konsep sains ke dalam konteks kehidupan riil. Ketertinggalan kompetensi tersebut diinduksi oleh beberapa determinan krusial, di antaranya pola instruksional yang cenderung masih didominasi oleh guru (*teacher-centered*), terbatasnya ruang bagi siswa untuk menyelenggarakan aktivitas eksperimen, serta belum dioptimalkannya integrasi media pembelajaran interaktif di dalam kelas (Hariyanto, 2016)

Literasi sains merepresentasikan kapasitas peserta didik dalam mengadopsi pola pikir ilmiah serta mengaktualisasikan konsep dan metodologi sains guna menelaah fenomena alam, sehingga mampu merumuskan problematisasi dan solusi secara akurat. Kecakapan ini memegang posisi sentral sebagai salah satu parameter krusial dalam mengukur mutu pendidikan di suatu negara. Pada implementasi pembelajaran IPA—khususnya pada materi zat dan perubahannya yang berorientasi aplikatif—integrasi bahan ajar interaktif menjadi sebuah urgensi demi mengoptimalkan efektivitas instruksional dan mendongkrak capaian literasi sains



siswa. Terkait hal tersebut, pemanfaatan LKPD interaktif hadir sebagai salah satu media strategis yang memfasilitasi siswa dalam membedah fenomena ilmiah kontekstual di lingkungan sekitar. Melalui pendekatan ini, bahan ajar yang dikembangkan tidak hanya menjadi lebih fungsional dan tepat sasaran, melainkan juga secara simultan mampu memantik partisipasi aktif siswa sepanjang proses belajar (Huryah et al., 2017).

Laboratorium virtual merepresentasikan suatu ekosistem instruksional interaktif yang didesain untuk memfasilitasi pengguna dalam membedah serta memecahkan masalah melalui aktivitas simulasi digital. Salah satu platform laboratorium virtual yang diimplementasikan secara luas adalah simulasi interaktif PhET (*Physics Education Technology*) yang diinisiasi oleh University of Colorado. Situs ini menyediakan beragam visualisasi pembelajaran sains dinamis yang dapat diakses secara cuma-cuma, baik guna mendukung pengayaan mandiri maupun menunjang aktivitas instruksional di ruang kelas. Sejalan dengan hal tersebut, Rochman dan Madlazim menegaskan bahwa simulasi interaktif PhET Colorado merupakan media pembelajaran berbasis riset (research-based) yang edukatif sekaligus efektif dalam menyederhanakan pemahaman konsep serta fenomena saintifik yang tengah dipelajari siswa.

Implementasi media pembelajaran *Virtual Laboratory* (PhET) terbukti berdaya guna dalam mendongkrak retensi konsep, keterampilan proses sains, sekaligus kapabilitas literasi sains peserta didik. Keterandalan platform ini dikonfirmasi oleh data empiris penelitian yang menunjukkan bahwa pemanfaatan simulasi virtual PhET sukses mengeskalasi literasi sains siswa dengan perolehan indeks *N-Gain* mencapai 57,36% pada kelas eksperimen, yang diklasifikasikan ke dalam kriteria cukup efektif. Temuan tersebut mengindikasikan secara kuat bahwa intervensi media PhET memberikan stimulasi positif terhadap kapasitas siswa dalam menginternalisasi ragam prinsip saintifik secara lebih komprehensif (Iriyanti et al., 2012).

Sejalan dengan hal tersebut, temuan (Munif et al., 2022) mengonfirmasi bahwa integrasi media PhET berkontribusi signifikan dalam mendongkrak kecakapan berpikir kritis sekaligus literasi sains peserta didik. Sebelum intervensi media PhET dilakukan, akumulasi tingkat literasi sains siswa hanya bertengger di angka 30%, namun melonjak drastis hingga mencapai 70% pasca-implementasi platform tersebut dalam proses instruksional. Dinamika capaian ini menegaskan bahwa media pembelajaran berbasis simulasi virtual memiliki kapabilitas untuk mengonstruksi atmosfer belajar yang lebih atraktif, interaktif, serta bermakna bagi siswa.

Akselerasi teknologi informasi dan komunikasi membuka ruang inovasi yang luas bagi dunia pendidikan dalam merekonstruksi metode instruksional yang lebih berdaya guna dan atraktif. Di antara berbagai instrumen digital dalam pembelajaran IPA, implementasi *Virtual Laboratory* berbasis *Physics Education Technology* (PhET) hadir sebagai solusi strategis. Platform PhET menyediakan visualisasi simulasi interaktif yang didesain khusus untuk menjembatani pemahaman peserta didik terhadap prinsip-prinsip sains yang abstrak melalui aktivitas praktikum digital. Melalui optimalisasi media ini, siswa diberikan kesempatan untuk menyelenggarakan eksperimen secara mandiri, mengonstruksi pengamatan terhadap fenomena saintifik, serta membedah konsep IPA secara lebih adaptif dan aplikatif (Noviati, 2023).

Di dalam ekosistem pembelajaran IPA, implementasi media *Virtual Laboratory* (PhET) menawarkan spektrum keunggulan yang signifikan, meliputi



stimulasi motivasi intrinsik peserta didik, pengondisian atmosfer belajar yang interaktif, hingga simplifikasi visualisasi konsep-konsep saintifik yang bersifat abstrak. Lebih jauh lagi, platform digital ini memfasilitasi siswa untuk menyelenggarakan eksperimen secara fleksibel tanpa terkendala oleh keterbatasan fasilitas laboratorium fisik. Integrasi teknologi ini juga berkontribusi strategis dalam mengasah ketajaman berpikir kritis serta eskalasi literasi sains, mengingat siswa dilibatkan secara aktif dalam siklus pengamatan empiris, pembedahan data, hingga perumusan konklusi berdasarkan dinamika simulasi yang mereka operasikan (Naki et al., 2025).

Di samping itu, simulasi PhET berkontribusi signifikan dalam menjembatani pemahaman peserta didik terhadap ragam fenomena saintifik kontekstual yang berkorelasi dengan kehidupan nyata. Melalui reduksi dan simplifikasi terhadap variabel-variabel pengganggu yang berpotensi memengaruhi bias hasil pengamatan, platform ini didesain agar siswa dapat dengan mudah mengorelasikan prinsip teoritis dengan peristiwa riil sehari-hari. Atas dasar tersebut, pemanfaatan simulasi PhET tidak hanya memfasilitasi siswa dalam menghimpun dataset yang lebih komprehensif, melainkan juga secara simultan memperkuat sekaligus mendalami retensi mereka terhadap konsep-konsep sains secara utuh.

Implementasi *Virtual Laboratory* berbasis PhET sangat potensial diposisikan sebagai salah satu rujukan alternatif dalam mentransformasi pembelajaran IPA. Integrasi media ini diproyeksikan mampu memfasilitasi peserta didik dalam menginternalisasi materi zat dan perubahannya secara komprehensif melalui visualisasi simulasi digital yang atraktif serta interaktif. Melalui pendekatan instruksional tersebut, siswa tidak sekadar menguasai konsep secara teoritis dan tekstual, melainkan juga didorong untuk mengeskalisasi kompetensi literasi sains mereka lewat pengalaman belajar yang jauh lebih kontekstual dan bermakna (Mayliana et al., 2022)

Physics Education Technology (PhET) merepresentasikan salah satu instrumen inovatif dalam pendidikan sains yang mengoptimalkan pemanfaatan simulasi interaktif. Keunggulan platform ini terletak pada kemampuannya memfasilitasi peserta didik dalam mengonstruksi pemahaman terhadap objek berskala mikroskopis maupun makroskopis, dinamika fenomena alam, hingga proses saintifik yang kompleks. Sebagai contoh, pada topik zat dan perubahannya, siswa dapat membedah karakteristik materi, mekanisme transisi wujud, hingga alterasi warna zat melalui representasi visual yang lebih presisi dan atraktif. Selaras dengan hal tersebut, studi ini diorientasikan untuk menguji pengaruh intervensi laboratorium virtual interaktif terhadap kapasitas siswa sekolah menengah pertama dalam menguasai materi tersebut. Luaran dari riset ini diproyeksikan dapat memberikan kontribusi nyata bagi pemutakhiran metodologi pembelajaran sains yang inovatif, berdaya guna, serta akseleratif terhadap capaian literasi sains siswa di Indonesia (Abdul & Ntobuo, 2019).

Berdasarkan urgensi dan kesenjangan empiris yang telah dipaparkan, peneliti menginisiasi sebuah studi komprehensif yang bertajuk “Penerapan Media Pembelajaran Laboratorium Virtual (PhET) terhadap Kemampuan Literasi Sains Siswa pada Materi Zat dan Perubahannya di SMPN Kabupaten Gorontalo.” Keberadaan riset ini diproyeksikan mampu memberikan kontribusi simultan, baik dalam mentransformasi mutu instruksional IPA maupun dalam mengeskalisasi capaian

literasi sains peserta didik. Melalui optimalisasi instrumen berbasis teknologi yang adaptif dan inovatif ini, proses digitalisasi pembelajaran diharapkan dapat berjalan lebih interaktif guna menstimulasi kecakapan berpikir ilmiah siswa di daerah tersebut.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan desain eksplanatoris yang melibatkan empat unit klaster, yaitu satu kelas eksperimen dan tiga kelas replikasi. Keberadaan kelas replikasi tersebut difungsikan sebagai wahana iterasi perlakuan (*treatment*) pada parameter kondisi yang identik dengan kelas eksperimen, guna menguji konsistensi, validitas, serta keakuratan dataset yang dihimpun. Sebagai instrumen evaluasi, seluruh subjek penelitian diuji menggunakan *pre-test* dan *post-test* yang melingkupi 10 butir instrumen soal materi zat dan perubahannya untuk mendeteksi retensi pemahaman konsep secara mendalam. Intervensi instruksional diimplementasikan secara seragam sepanjang tiga kali tatap muka pada setiap kelas melalui pemanfaatan *Virtual Laboratory*. Media interaktif ini dioptimalkan baik pada kelas eksperimen maupun replikasi dengan orientasi untuk memantik partisipasi aktif siswa dalam memecahkan problem saintifik yang kontekstual.

Lokasi pelaksanaan studi ini difokuskan pada dua satuan pendidikan di wilayah Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo, yaitu SMP Negeri 1 Dungaliyo yang beralamat di Jl. Batu Doa, Desa Duwang, Kecamatan Dungaliyo, serta SMP Negeri 1 Bongomeme yang berlokasi di Jl. Nani Hasan, Desa Huntuhulawa, Kecamatan Bongomeme. Seluruh rangkaian aktivitas penelitian diselenggarakan sepanjang semester ganjil tahun ajaran 2025/2026. Adapun durasi operasional yang dialokasikan untuk pengambilan data dan implementasi program ini berlangsung selama kurun waktu kurang lebih enam bulan.

Variabel bebas (*independent variable*) diartikan sebagai faktor stimulan yang menginduksi, mengintervensi, atau menjadi determinan utama di balik fluktuasi perubahan pada variabel terikat. Di dalam rancangan penelitian ini, variabel bebas yang diintervensikan adalah *Virtual Laboratory* berbasis PhET. Secara konseptual, laboratorium virtual merupakan manifestasi instrumen eksperimen berbasis perangkat lunak (*software*) yang merepresentasikan fasilitas laboratorium ke dalam bentuk multimedia interaktif. Media digital ini dioperasikan melalui perangkat komputer atau gawai elektronik lainnya guna menyelenggarakan simulasi praktikum secara komprehensif, sehingga memungkinkan peserta didik mengonstruksi pengalaman empiris yang ekuivalen dengan aktivitas di laboratorium konvensional.

Pendekatan metodologis dalam riset ini mengadopsi rancangan eksperimen semu berupa *One Group Pretest-Posttest Design*. Pemilihan desain tersebut didasarkan pada signifikansi pengukuran ganda, di mana subjek diuji melalui instrumen evaluasi awal (*pre-test*) sebelum intervensi dilakukan, serta evaluasi akhir (*post-test*) pasca-perlakuan, guna mengisolasi dan mengidentifikasi besaran dampak perlakuan secara presisi. Adapun sampel penelitian ini mencakup satu kelas eksperimen beserta tiga kelas replikasi, dengan representasi ukuran sampel yang seragam yaitu sebanyak 20 peserta didik pada masing-masing kelompok kelas.

Tabel 1. Desain Penelitian *One Group, Pretest and Posttest Design*.

Kelas	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	O1	X	O2



Replikasi 1	O1	X	O2
Replikasi 2	O1	X	O2
Replikasi 3	O1	X	O2

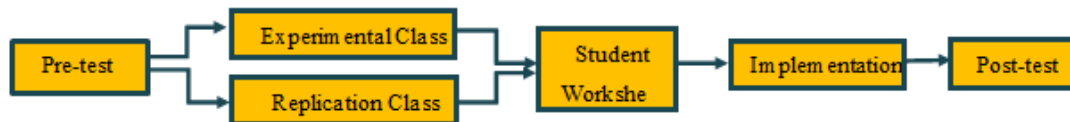
Sumber : (Sugiyono 2017)

O_1 = Tes yang diberikan sebelum menggunakan media pembelajaran interaktif berbasis *Virtual Laboratory*

X = Perlakuan yang diberikan setelah menggunakan media pembelajaran interaktif berbasis *Virtual Laboratory*

O_2 = Tes yang diberikan setelah menggunakan media pembelajaran interaktif berbasis *Virtual Laboratory*

Struktur eksperimen dalam penelitian ini mengintegrasikan empat unit kelas, yang diklasifikasikan ke dalam satu kelas eksperimen serta tiga kelas replikasi (terdiri atas replikasi 1, replikasi 2, dan replikasi 3). Keberadaan seluruh kelas replikasi tersebut difungsikan sebagai media iterasi perlakuan (*treatment*) pada parameter kondisi yang identik dengan kelas eksperimen. Standardisasi perlakuan yang diimplementasikan secara seragam di seluruh kelas bertujuan untuk menguji sekaligus mengonfirmasi validitas, keabsahan, serta konsistensi temuan empiris. Sebagai parameter evaluasi, peserta didik diwajibkan menempuh pengukuran ganda melalui tes awal (*pre-test*) sebelum intervensi dan tes akhir (*post-test*) pasca-intervensi. Adapun instrumen evaluasi yang diaplikasikan melingkupi 10 butir soal pilihan materi zat dan perubahannya yang telah didesain secara khusus untuk mendeteksi retensi pemahaman konsep siswa secara komprehensif.



Gambar 1. Alur Pelaksanaan Penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemanfaatan *virtual laboratory* PhET memberikan wadah eksplorasi bagi peserta didik untuk melangsungkan eksperimen secara mandiri, mengamati perubahan proses lewat simulasi visual, serta menguji berbagai dugaan ilmiah tanpa perlu khawatir terhadap keterbatasan alat laboratorium fisik ataupun bahaya kecelakaan kerja. Melalui stimulus digital yang aman dan responsif ini, rasa ingin tahu (*curiosity*) siswa dapat dipicu secara efektif, interaksi aktif dalam skenario pembelajaran dapat dioptimalkan, serta kemampuan berpikir kritis dan analitis dapat dipertajam. Di samping itu, asimilasi teknologi yang menarik ini terbukti andal dalam memotivasi serta mendongkrak gairah belajar siswa, yang pada akhirnya memberikan kontribusi positif terhadap penguatan literasi sains mereka. Karakteristik literasi sains yang terbangun ini merefleksikan kemahiran yang utuh dalam menguasai teori ilmiah, mengorelasikannya dengan fenomena nyata di lingkungan sekitar, hingga mengambil keputusan krusial yang berbasis pada argumentasi ilmiah yang sah (Fauza et al., 2025)

Dalam konteks pembelajaran berbasis *virtual laboratory*, beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan simulasi PhET mampu meningkatkan pemahaman konsep dan literasi sains siswa. Penelitian oleh (ANNUR, 2025) menemukan bahwa

penerapan PhET pada pembelajaran IPA memberikan peningkatan yang signifikan pada kemampuan literasi sains siswa karena simulasi interaktif membantu siswa memvisualisasikan konsep abstrak dan melakukan eksperimen secara mandiri. media virtual laboratory berbasis PhET dapat meningkatkan keterlibatan siswa, kemampuan berpikir ilmiah, dan hasil belajar melalui aktivitas eksplorasi yang lebih aktif dan bermakna.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Rata-Rata Nilai *Pretest* dan *Posttest*

No.	Sekolah	Kelas	Rata-Rata	
			Pretest	Posttest
1.	SMP Negeri 1 Dungaliyo	Eksperimen	46.5	90.3
		Replikasi 1	43.8	90.2
2.	SMP Negeri 1 Bongomeme	Replikasi 2	41.4	91.1
		Replikasi 3	39.8	90.3

Merujuk pada pemaparan empiris yang tersaji dalam Tabel 4.1, dapat diidentifikasi bahwa integrasi media pembelajaran *Virtual Laboratory* (PhET) memberikan kontribusi positif yang signifikan terhadap eskalasi kecakapan literasi sains peserta didik. Wahana instruksional berbasis simulasi digital ini terbukti mampu mengondisikan atmosfer pembelajaran yang lebih interaktif, sehingga secara simultan memantik stimulasi keaktifan siswa dalam menginternalisasi konsep-konsep IPA pada topik zat dan perubahannya. Melalui siklus eksperimen virtual tersebut, siswa difasilitasi untuk mengonstruksi pemahaman secara lebih konkret guna menjembatani prinsip-prinsip teoritis tekstual dengan fenomena saintifik kontekstual yang mereka temui dalam kehidupan sehari-hari (Firmansyah et al., 2024)

Optimalisasi instrumen *Virtual Laboratory* terbukti efektif dalam menstimulasi kapasitas peserta didik untuk menyelenggarakan pengamatan empiris, membedah problematika sains, serta merumuskan konklusi solutif secara mandiri. Fenomena ini mengindikasikan bahwa pola instruksional yang mengintegrasikan aspek teknologi mampu mengeskalasi partisipasi aktif siswa di sepanjang siklus pembelajaran. Transformasi keterlibatan dari pasif menjadi aktif ini memegang peranan krusial dalam mengonstruksi kecakapan berpikir ilmiah (*scientific thinking*) sekaligus memperkuat retensi pemahaman konsep kognitif secara lebih komprehensif, jika dikomparasikan dengan pendekatan konvensional yang cenderung bersifat satu arah dan berpusat pada guru (*teacher-centered*) (Yuliati et al., 2018).

Berdasarkan pijakan teoretis, temuan empiris dalam studi ini selaras dengan paradigma konstruktivisme yang mengonstruksi premis bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui internalisasi pengalaman belajar langsung. Senada dengan hal tersebut, Piaget menegaskan bahwa lingkungan instruksional yang membuka ruang bagi siswa untuk mengonstruksi, menginvestigasi, dan mengeksplorasi konsep secara mandiri akan menstimulasi perolehan pemahaman yang jauh lebih bermakna (*meaningful learning*). Koroborasi teoretis juga diperoleh dari *Cognitive Theory of Multimedia Learning* yang diinisiasi oleh Mayer; teori ini memaparkan bahwa integrasi media visual yang bersifat interaktif efektif mengeskalasi retensi pemahaman kognitif karena mengoptimalkan pemrosesan informasi melalui stimulasi indrawi yang ganda dan saling melengkapi selama proses kognisi berlangsung (Kurniawati & Atmojo, 2015).

Tabel 3. Persentase capaian tingkat literasi sains

No	Sekolah	Kelas	Indikator Literasi Sains					
			Menjelaskan fenomena ilmiah secara jelas		Mengevaluasi penyelidikan ilmiah		Menafsirkan data secara ilmiah	
			Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
			%	%	%	%	%	%
1.	SMP Negeri 1 Dungaliyo	Eksperimen	37.3	66.8	50.3	81.6	76.5	93.3
		Replikasi 1	53.9	74.4	38.5	75.5	65.2	96.5
2.	SMP Negeri 1 Bongomeme	Eksperimen	39.7	85.9	37.9	77.8	63.9	75.0
		Replikasi 1	38.1	60.3	40.8	78.8	42.9	92.5

Memperhatikan sajian data pada Tabel 4.2, terindikasi bahwa implementasi media pembelajaran *Virtual Laboratory* (PhET) berdaya guna dalam mengeskalasi kecakapan literasi sains peserta didik secara multidimensional. Pendekatan instruksional berbasis simulasi digital ini memberikan ruang bagi siswa untuk mengonstruksi aktivitas observasi, investigasi empiris, hingga pembedahan parameter fenomena saintifik secara riil. Melalui siklus eksplorasi tersebut, siswa distimulasi untuk terlibat aktif dalam menginternalisasi prinsip-prinsip IPA serta menunjukkan kapasitas yang lebih baik dalam mengorelasikan substansi materi akademik dengan realitas fenomena yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari.

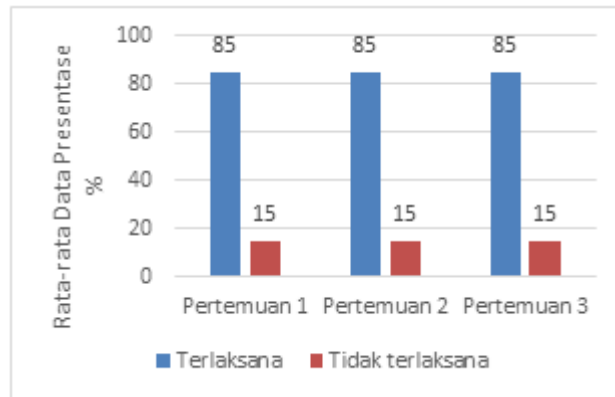
Akselerasi kecakapan literasi sains peserta didik didorong oleh kapasitas platform PhET dalam menyajikan pengalaman instruksional yang interaktif dan kontekstual. Di dalam ekosistem pembelajaran ini, siswa bergeser dari peran pasif sebagai penerima informasi teoretis menjadi subjek aktif yang terlibat langsung dalam siklus eksplorasi serta eksperimentasi virtual, sehingga memicu terjadinya proses *meaningful learning*. Keterlibatan taktis tersebut secara simultan menstimulasi siswa dalam mengasah aparatus berpikir kritis, membedah sekaligus memecahkan problematika sains, hingga merumuskan konklusi ilmiah yang valid berdasarkan data empiris yang dihimpun sepanjang aktivitas pembelajaran (Sanimah et al., 2024).

Berdasarkan pijakan teoretis, temuan empiris dalam studi ini selaras dengan kerangka konseptual OECD melalui PISA yang menegaskan bahwa kompetensi literasi sains melingkupi tiga domain utama, yaitu kapasitas dalam mengeksplanasikan fenomena saintifik, mengevaluasi serta mendesain penyelidikan ilmiah, hingga menginterpretasikan data dan bukti secara ilmiah. Ketiga pilar kompetensi tersebut diproyeksikan dapat tereskalasi secara optimal apabila peserta didik diintegrasikan secara aktif dalam ekosistem instruksional yang berbasis investigasi empiris dan eksperimentasi. Sejalan dengan argumentasi tersebut, Yulianti (2017) memaparkan bahwa orientasi pembelajaran IPA yang berfokus pada literasi sains dituntut mampu menstimulasi siswa untuk mengasah kecakapan berpikir ilmiah sekaligus mengaplikasikan pemahaman konsep sains tersebut secara fungsional dalam realitas kehidupan sehari-hari (Khery et al., 2022).

Konfirmasi empiris ini sejalan dengan temuan Mayliana, Subekti, dan Sabtiawan (2022) yang mengemukakan bahwa integrasi instrumen pembelajaran berbasis PhET berkontribusi signifikan dalam mengeskalasi keterampilan proses sains serta kecakapan berpikir ilmiah peserta didik melalui aktivitas eksplorasi dan



simulasi interaktif. Guna meninjau aspek implementasi instruksional di lapangan, data mengenai tingkat keterlaksanaan pembelajaran yang diselenggarakan oleh guru IPA kelas VII di SMP Negeri 1 Dungaliyo dan SMP Negeri 1 Bongomeme telah dihimpun dan dipresentasikan secara visual melalui Gambar 4.1, 4.2, 4.3, dan 4.4 di bawah ini.

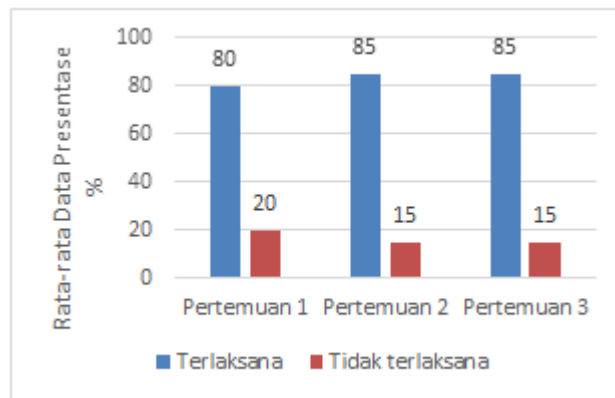


Gambar 2. Persentase keterlaksanaan pembelajaran SMP Negeri 1 Dungaliyo kelas VII-1

Merujuk pada data empiris yang dipresentasikan dalam Gambar 4.1, dinamika instruksional melalui integrasi media *Virtual Laboratory* (PhET) terbukti terealisasi secara optimal di sepanjang aktivitas belajar mengajar. Fenomena ini mengindikasikan bahwa platform pembelajaran berbasis simulasi digital tersebut memiliki kapasitas yang mumpuni untuk menyokong efektivitas keterlaksanaan kurikulum di kelas, sekaligus memfasilitasi pendidik dalam mendistribusikan substansi materi secara lebih atraktif, interaktif, dan akomodatif bagi siswa.

Tingginya derajat keterlaksanaan proses instruksional ini mengindikasikan bahwa peserta didik mampu menginternalisasi setiap fase pembelajaran secara aktif, responsif, dan penuh antusiasme. Integrasi instrumen simulasi virtual secara signifikan mengeskalisasi fokus kognitif siswa dalam mengonstruksi pemahaman materi, karena mereka difasilitasi untuk mengamati secara langsung dinamika transisi serta fenomena perubahan yang terjadi pada objek ilmiah yang sedang diteliti. Di sisi lain, pemanfaatan media digital ini memberikan dampak simultan yang positif terhadap tata kelola kelas oleh pendidik, terutama dalam menciptakan atmosfer pembelajaran yang lebih kondusif, adaptif, dan terstruktur (Chatterjee, 2021)

Selaras dengan *Cognitive Theory of Multimedia Learning* yang diinisiasi oleh Mayer, integrasi elemen visual beserta animasi interaktif berdaya guna dalam mengeskalisasi efektivitas pemahaman kognitif peserta didik jika dikomparasikan dengan pendekatan konvensional. Wahana instruksional yang secara simultan menyintesis teks, representasi piktorial, dan simulasi interaktif terbukti mampu mengoptimalkan atensi (*attention*) serta menstimulasi motivasi intrinsik siswa di sepanjang siklus pembelajaran. Pengondisian ini meminimalkan beban kognitif yang tidak relevan sehingga proses retensi informasi berlangsung secara lebih optimal (SILVIANA, 2024).

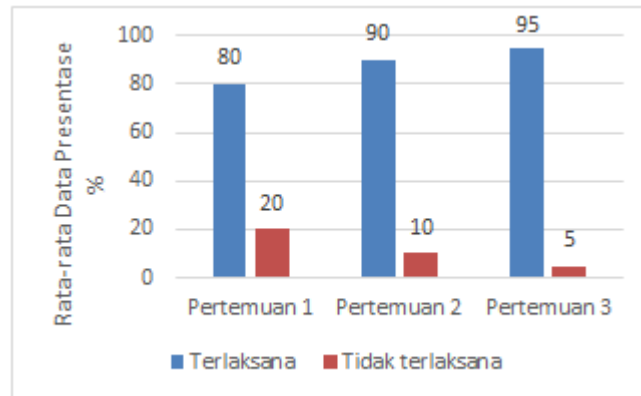


Gambar 3. Persentase keterlaksanaan pembelajaran SMP Negeri 1 Dungaliyo kelas VII-2

Berdasarkan visualisasi data eksperimen pada Gambar 4.2, dapat diidentifikasi bahwa implementasi operasional *Virtual Laboratory* (PhET) dalam aktivitas instruksional terealisasi secara efektif dan memiliki koherensi yang tinggi dengan sintaks pembelajaran yang telah diproyeksikan. Integrasi simulasi digital tersebut terbukti mampu menstimulasi ekosistem pembelajaran yang lebih berpusat pada siswa (*student-centered*), mengingat peserta didik didelegasikan secara langsung untuk melakukan aktivitas eksplorasi ilmiah dan observasi empiris di sepanjang siklus pembelajaran berlangsung.

Pemanfaatan *virtual laboratory* juga berkontribusi signifikan dalam mereduksi beban kognitif siswa saat menginternalisasi konsep-konsep abstrak pada topik zat dan perubahannya melalui penyajian visualisasi yang lebih konkret dan representatif. Transformasi visual ini mengeskalisasi retensi pemahaman peserta didik terhadap substansi materi, yang secara simultan berimplikasi pada peningkatan efikasi diri (*self-efficacy*) mereka. Dampak positif tersebut terlihat dari tumbuhnya rasa percaya diri siswa saat mengartikulasikan argumentasi, mengemukakan pendapat, maupun mempresentasikan hasil observasi empiris yang mereka himpun di sepanjang siklus instruksional (Zaturrahi et al., 2020)

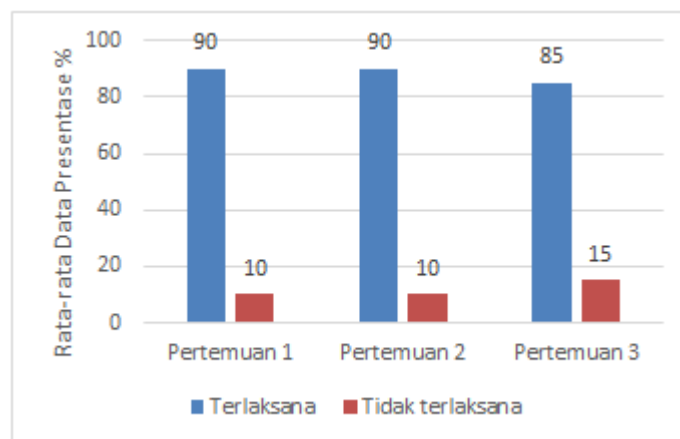
Pendekatan instruksional yang mengintegrasikan peserta didik secara langsung dalam aktivitas rekonstruksi dan penemuan konsep terbukti mampu menstimulasi pencapaian hasil belajar secara lebih optimal. Akselerasi capaian ini bertumpu pada perolehan pengalaman empiris secara mandiri oleh siswa, sehingga struktur pengetahuan yang terbentuk tidak sekadar bersifat hafalan mekanis, melainkan bertransformasi menjadi pembelajaran yang bermakna (*meaningful learning*). Konstruksi pemahaman yang mendalam tersebut secara simultan berimplikasi positif terhadap penguatan retensi memori jangka panjang (*long-term memory*) siswa mengenai materi yang telah dipelajari.



Gambar 4. Persentase keterlaksanaan pembelajaran SMP Negeri 1 Bongomeme kelas VII-1

Mengevaluasi representasi data visual yang termuat pada Gambar 4.3, dapat disimpulkan bahwa implementasi media *Virtual Laboratory* (PhET) memiliki kontribusi yang signifikan dalam mengondisikan pelaksanaan pembelajaran IPA secara optimal. Platform instruksional berbasis simulasi digital ini terbukti mampu menyajikan stimulus pembelajaran yang lebih atraktif, sehingga secara simultan memantik eskalasi partisipasi aktif peserta didik di sepanjang siklus akademik sekaligus memfasilitasi mereka dalam menginternalisasi substansi materi secara lebih komprehensif.

Temuan tersebut mengonfirmasi argumentasi yang dikemukakan oleh (Widiantini et al., 2017), yang memaparkan bahwa integrasi *virtual laboratory* efektif memfasilitasi peserta didik dalam mengonstruksi pemahaman konsep IPA melalui aktivitas simulasi digital yang mengadopsi karakteristik praktikum riil. Lebih lanjut, pemanfaatan instrumen virtual ini tidak hanya memberikan dampak positif terhadap eskalasi orientasi minat belajar siswa, melainkan juga berkontribusi secara simultan dalam mengasah keterampilan proses sains (*science process skills*) mereka secara lebih mendalam.



Gambar 5. Persentase keterlaksanaan pembelajaran SMP Negeri Bongomeme kelas VII-2

Berdasarkan pemetaan data yang tersaji pada Gambar 4.4, dapat diidentifikasi bahwa aktivitas instruksional yang mengintegrasikan media *Virtual Laboratory*

(PhET) terealisasi dengan sangat baik serta mampu menstimulasi atmosfer pembelajaran yang lebih interaktif dan dua arah. Peserta didik menunjukkan eskalasi partisipasi yang signifikan di sepanjang proses pembelajaran; kondisi ini didorong oleh karakteristik platform simulasi yang mendelegasikan ruang gerak bagi siswa untuk menyelenggarakan eksperimentasi virtual sekaligus mengobservasi luaran data (*output*) secara langsung.

Paradigma konstruktivisme mengonstruksi premis bahwa derajat efektivitas instruksional diproyeksikan mencapai titik optimal ketika peserta didik dilibatkan sebagai subjek aktif dalam mentransformasikan informasi menjadi struktur pengetahuan melalui internalisasi pengalaman empiris secara langsung. Selaras dengan aksioma pedagogis tersebut, aplikasi instrumen laboratorium virtual memegang peranan yang sangat krusial dalam domain pembelajaran IPA; hal ini dikarenakan platform digital tersebut memfasilitasi ketersediaan ruang eksplorasi yang dinamis, interaktif, dan akomodatif, yang pada gilirannya menstimulasi perolehan pemahaman konsep saintifik secara lebih mendalam dan bermakna (*meaningful learning*).

Tabel 4. Uji Hipotesis

No.	Sekolah	Kelas	Thitung	Ttabel	Status
1.	SMP Negeri 1 Dungaliyo	Eksperimen	15.025	2.079	Ha Diterima
		Replikasi 1	21.709	2.079	Ha Diterima
2.	SMP Negeri 1 Bongomeme	Replikasi 2	20.757	2.079	Ha Diterima
		Replikasi 3	21.896	2.079	Ha Diterima

Merujuk pada luaran uji inferensial, diperoleh bukti empiris bahwa implementasi media pembelajaran *Virtual Laboratory* (PhET) memberikan kontribusi yang signifikan dalam mengeskalisasi capaian literasi sains peserta didik. Melalui stimulasi aktivitas eksperimentasi dan observasi digital di sepanjang siklus instruksional, platform simulasi virtual ini terbukti mampu mengonretkan substansi konsep-konsep IPA yang bersifat abstrak, sehingga meningkatkan aksesibilitas kognitif siswa dalam menginternalisasi materi pelajaran secara lebih mudah dan komprehensif.

Berlandaskan pada kerangka teoretis pembelajaran berbasis teknologi, amalgamasi media interaktif diproyeksikan mampu mengeskalisasi mutu instruksional melalui penyediaan pengalaman belajar yang lebih konkret dan kontekstual bagi peserta didik. Selain itu, eksistensi simulasi virtual ini berperan krusial dalam meminimalisasi kesenjangan pemahaman terhadap konsep-konsep sains yang bersifat abstrak, yakni dengan mentransformasikannya ke dalam bentuk representasi visual yang representatif dan akomodatif. Intervensi teknologi tersebut pada gilirannya mengoptimalkan aksesibilitas kognitif siswa dalam menginternalisasi materi pelajaran secara lebih mudah dan terstruktur.

Tabel 5. Hasil Pengujian *N-Gain*

No.	Sekolah	Kelas	N-Gain	Kriteria
1.	SMP Negeri 1 Dungaliyo	Eksperimen	0,81	Tinggi
		Replikasi 1	0,81	Tinggi
2.	SMP Negeri 1 Bongomeme	Replikasi 2	0,84	Tinggi
		Replikasi 3	0,83	Tinggi

Mengevaluasi representasi data kuantitatif yang termuat pada Tabel 4.10, luaran uji *N-Gain* memberikan bukti empiris bahwa implementasi media pembelajaran *Virtual Laboratory* (PhET) secara signifikan mengeskalasi capaian literasi sains peserta didik pascapembelajaran. Akselerasi perolehan skor tersebut menegaskan bahwa platform berbasis simulasi digital ini memiliki efikasi yang tinggi dalam meminimalisasi kesenjangan pemahaman konsep siswa, khususnya pada topik zat dan perubahannya, menuju arah yang lebih optimal.

Metrik *N-Gain* dioperasikan sebagai instrumen kuantitatif guna mengevaluasi derajat efektivitas suatu intervensi instruksional dalam mengeskalasi capaian akademis peserta didik. Dinamika capaian ini merefleksikan korelasi linear yang positif; dalam arti bahwa pertumbuhan magnitudo skor *N-Gain* berbanding lurus dengan signifikansi penguatan kompetensi kognitif siswa pasca-implementasi pembelajaran. Berlandaskan pada parameter ukur tersebut, pemanfaatan media *Virtual Laboratory* (PhET) secara empiris memiliki efikasi yang tinggi dalam memstimulasi akselerasi kemampuan literasi sains siswa dalam domain pembelajaran IPA.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan media pembelajaran *Virtual Laboratory* (PhET) terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan literasi sains siswa pada materi zat dan perubahannya di SMP Kabupaten Gorontalo. Media ini mampu membantu siswa memahami konsep-konsep yang bersifat abstrak melalui simulasi yang interaktif dan kontekstual, sehingga mendorong keterlibatan aktif siswa selama proses pembelajaran. Peningkatan literasi sains terlihat pada kemampuan siswa dalam menjelaskan fenomena ilmiah, mengevaluasi penyelidikan ilmiah, serta menafsirkan data dan bukti secara ilmiah.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa penerapan *Virtual Laboratory* (PhET) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan literasi sains siswa. Hal ini dibuktikan oleh hasil uji hipotesis yang menunjukkan bahwa nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ sehingga H_a diterima dan H_0 ditolak, serta didukung oleh nilai *N-Gain* yang menunjukkan adanya peningkatan kemampuan literasi sains setelah pembelajaran. Dengan demikian, media *Virtual Laboratory* (PhET) layak direkomendasikan sebagai salah satu inovasi pembelajaran berbasis teknologi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran IPA di sekolah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdjul, T., & Ntobuo, E. (2019). Penerapan media pembelajaran virtual laboratory berbasis phet terhadap hasil belajar siswa pada materi gelombang. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online (JPFT)*, 7(3), 26–31.
- ANNUR, F. (2025). *PEMBELAJARAN EFEKTIF UNTUK MEMBANGUN LITERASI SAINS: KAJIAN META ANALISIS*. LPPM Universitas Sang Bumi Rua Jurai.
- Cahyani, N. M. S., & Suniasih, N. W. (2022). Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Kontekstual pada Materi Jenis-Jenis Usaha dan Kegiatan Ekonomi di



- Indonesia Muatan IPS Kelas V SD. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 6(1), 1–11.
- Chatterjee, S. (2021). A primer for transitioning to online science labs: “Identifying potential types of guidance for supporting student inquiry when using virtual and remote labs in science.” *Educational Technology Research and Development*, 69(1), 249–253.
- Chiu, J. L., DeJaegher, C. J., & Chao, J. (2015). The effects of augmented virtual science laboratories on middle school students’ understanding of gas properties. *Computers & Education*, 85, 59–73.
- Desih, D., Taufik, M., & Setiawan, S. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Melalui Software Lectora Inspire Materi Wujud Zat Dan Perubahannya Berbasis Model Pembelajaran Problem Based Learning. *Edukasi: Jurnal Penelitian Dan Artikel Pendidikan*, 15(2), 197–212.
- Fauza, N., Rahmad, M., Syaflita, D., & Nor, M. (2025). Optimalisasi Pemanfaatan Virtual Laboratory dalam Pembelajaran IPA Fisika. *Aksiologi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 9(1), 14–24.
- Firmansyah, D., Ramadhan, A. D. S., Rindi, R., Hafidah, S. N., Toebing, R. L., Koimah, K., Sari, D. N., Aulia, W., Pratiwi, N. Y., & El Islami, R. A. Z. (2024). Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis Phet Simulation terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa pada Materi Kerapatan Zat Kelas VII. *Jurnal Pendidikan Abad Ke-21*, 2(1), 33–39.
- Hariyanto, A. (2016). Pengaruh discovery learning berbantuan paket program simulasi PhET terhadap prestasi belajar fisika. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 1(3), 365–378.
- Huryah, F., Sumarmin, R., & Effendi, J. (2017). Analisis capaian literasi sains biologi siswa SMA Kelas X Sekota Padang. *Jurnal Eksakta Pendidikan (Jep)*, 1(2), 72–79.
- Iriyanti, N. P., Mulyani, S., & Ariani, S. R. D. (2012). Identifikasi miskonsepsi pada materi pokok wujud zat siswa kelas VII SMP Negeri 1 Bawang Tahun Ajaran 2009/2010. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 1(1), 8–13.
- Khery, Y., Sarjan, M., Ahzan, S., & Efendi, I. (2022). Konseptualisasi literasi sains mengacu pada kerangka sains PISA sejak tahun 2000. *Educatoria: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 2(4), 200–231.
- Kurniawati, W., & Atmojo, S. E. (2015). Pengembangan lembar kerja berbasis inkuiri terintegrasi kelompok mata pelajaran perekat bangsa untuk menumbuhkan kemampuan berpikir dan karakter ilmiah siswa. *Elementary School: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Ke-SD-An*, 2(1).
- Mayliana, T. W., Subekti, H., & Sabtiawan, W. B. (2022). PENINGKATAN KETERAMPILAN PROSES SAINS DAN MINAT BELAJAR MELALUI PEMBELAJARAN INKUIRI TERBIMBING BERBASIS PhET. *PENSA E-JURNAL: PENDIDIKAN SAINS*, 10(3), 339–344.



- Munif, M., Baharun, H., Zamroni, Z., & Ummah, A. H. F. (2022). Student-Centeredness by Knowledge Sharing: An Effective Learning in Madrasah. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 14(1), 136–146.
- Naki, N. P., Abdjul, T., Nurhayati, N., Odja, A. H., Yusuf, M., & Payu, C. S. (2025). The Effect of Implementing Interactive Learning Media Based on Virtual Laboratory on Student Learning Outcomes in Force Topic. *Jurnal Pijar Mipa*, 20(1), 148–153.
- Noviati, W. (2023). Penerapan model pembelajaran Problem Based Learning (PBL) dalam meningkatkan hasil belajar IPA di SD. *Jurnal Kependidikan*, 7(2), 19–27.
- Sanimah, S., Haniyyah, U., & Rambe, I. W. (2024). Kajian Kelebihan dan kelemahan penggunaan laboratorium virtual sebagai media pembelajaran IPA di SMP. *Jurnal Jeumpa*, 11(1), 129–137.
- SILVIANA, S. (2024). *PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN GAME EDUKATIF” ZAT QUEST” BERBASIS SMARTPHONE UNTUK MENINGKATKAN LITERASI SAINS PADA MATERI WUJUD ZAT DAN PERUBAHANNYA FASE B SDN 1 KADIPATEN*. Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri.
- Widiantini, N. N. A. S., Putra, M., & Wiarta, I. W. (2017). Model pembelajaran sets (science, environment, technology, society) berbantuan virtual lab berpengaruh terhadap kompetensi pengetahuan IPA. *Journal of Education Technology*, 1(2), 141–148.
- Yulianti, L., Riantoni, C., & Mufti, N. (2018). Problem Solving Skills on Direct Current Electricity through Inquiry-Based Learning with PhET Simulations. *International Journal of Instruction*, 11(4), 123–138.
- Zaturrahmi, Z., Festiyed, F., & Ellizar, E. (2020). The utilization of virtual laboratory in learning: A meta-analysis. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 3(2), 228–236.

