

Efektivitas Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dengan Media Virtual Reality dalam Meningkatkan Literasi Sains pada Materi Ekosistem

Avina Putri Syahida ^{1*}, Ahmad Fauzi Hendratmoko ²

^{1, 2} Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

* avina.22118@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Literasi sains merupakan salah satu keterampilan abad ke-21 yang dibutuhkan setiap murid. Namun, skor rata-rata keterampilan literasi sains Indonesia setiap tahunnya masih berada di bawah rata-rata internasional PISA. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan media *virtual reality* (VR) dalam meningkatkan literasi sains murid pada materi ekosistem. Media VR dipilih karena materi ekosistem memerlukan pengamatan terhadap hubungan antara komponen biotik dan abiotik yang tidak selalu dapat diamati secara langsung di lingkungan sekolah. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis *pre-experimental design* dan *desain one-group pretest-posttest design*. Penelitian dilaksanakan di SMP Negeri 32 Surabaya dengan subjek sebanyak 27 murid kelas VII-B. Teknik pengumpulan data meliputi tes, observasi, dan angket. Data dianalisis menggunakan N-gain, uji-t berpasangan, *effect size*, analisis keterlaksanaan pembelajaran, dan respons murid. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai pretest dan posttest dengan nilai signifikansi sebesar 0,00. Rata-rata N-gain sebesar 0,28 berada pada kategori rendah, sedangkan *effect size* sebesar 0,96 berada pada kategori tinggi. Keterlaksanaan pembelajaran berada pada kategori sangat baik, dan *respons* murid menunjukkan respons positif terhadap pembelajaran. Berdasarkan hasil tersebut, pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan media VR dapat memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan literasi sains murid, meskipun peningkatan berdasarkan nilai N-gain masih tergolong rendah sehingga efektivitasnya perlu dimaknai secara hati-hati.

Kata Kunci: *Ekosistem, Inkuiri Terbimbing, Literasi Sains, Virtual Reality*

Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan teknologi, informasi, dan ilmu pengetahuan di era digital saat ini, setiap individu memiliki kesempatan untuk mengembangkan potensi melalui pengetahuan berbasis teknologi serta mengejar pembelajaran sepanjang hayat (Sholihah & Supriatno, 2023; Turiman et al., 2012). Oleh karena itu, setiap murid perlu dipersiapkan tidak hanya untuk memiliki prestasi akademik yang baik, tetapi juga keterampilan abad ke-21 yang dibutuhkan pada era saat ini. Keterampilan abad ke-21 penting dikuasai oleh murid agar mampu menghadapi tantangan globalisasi sebagai akibat dari kemajuan informasi dan teknologi. Salah satu keterampilan abad ke-21 yang mendapat perhatian utama dalam pendidikan sains sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi adalah literasi sains (Kahar et al., 2022). Literasi sains merupakan salah satu kompetensi penting abad ke-21 yang tidak hanya terbatas pada kemampuan menghafal istilah-istilah dalam sains.

Literasi sains mencakup kemampuan mengumpulkan, menganalisis, dan menyimpulkan informasi secara logis dan kritis dalam konteks sains, termasuk kemampuan menjelaskan

fenomena ilmiah, merancang dan mengevaluasi penyelidikan, serta menafsirkan bukti untuk pengambilan keputusan pribadi dan sosial (Yuliawati et al., 2024; OECD, 2023; Turiman et al., 2012; Kahar et al., 2022). Literasi sains memiliki peran penting dalam membekali individu agar peka terhadap lingkungan dan berpartisipasi aktif dalam pengambilan keputusan terkait isu-isu lingkungan yang ada (Yuliawati et al., 2024). Kompetensi ini juga berkaitan erat dengan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, komunikasi, dan literasi digital yang dibutuhkan murid untuk berpartisipasi secara produktif dalam masyarakat yang semakin kompleks (OECD, 2023; Hemtasin et al., 2026). Oleh karena itu, peningkatan literasi sains menjadi perhatian penting dalam agenda peningkatan mutu pendidikan di banyak negara, termasuk Indonesia.

Kondisi literasi sains pada tingkat nasional menunjukkan adanya tantangan yang perlu diatasi. Data PISA 2022 menunjukkan bahwa peringkat literasi sains Indonesia naik enam posisi dibandingkan tahun 2018, namun skor literasi sains Indonesia turun 13 poin dan masih berada di bawah rata-rata OECD internasional (OECD, 2023). Data tersebut menunjukkan bahwa persentase murid yang mencapai tingkat tinggi literasi sains masih sangat kecil (OECD, 2023). Banyak murid belum menguasai kompetensi penalaran ilmiah pada level yang dibutuhkan untuk aplikasi nyata. Keterampilan literasi sains Indonesia sejak tahun 2000 hingga 2018 berada dalam kategori rendah, dengan skor rata-rata setiap tahunnya selalu berada di bawah rata-rata internasional PISA (Sutrisna, 2021).

Kondisi tersebut sejalan dengan temuan yang diperoleh dari kegiatan pra penelitian di SMP Negeri 32 Surabaya. Berdasarkan hasil pra penelitian, tes literasi sains murid memperoleh nilai rata-rata sebesar 51,3 dari 100. Berdasarkan kriteria penilaian literasi sains, nilai rata-rata tersebut tergolong rendah (Amelia et al., 2023). Selain itu, hasil pra penelitian menunjukkan bahwa persentase murid dengan kategori nilai sangat tinggi dan tinggi masing-masing sebesar 15%, kategori sedang sebesar 10%, serta kategori rendah dan sangat rendah masing-masing sebesar 30%. Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa murid, pembelajaran masih didominasi oleh pendekatan *teacher centered*. Murid cenderung hanya menghafal materi dan menyetorkan hafalannya kepada guru tanpa adanya kegiatan lain yang dapat mengasah keterampilan literasi sains (Prawito, 2022).

Rendahnya kemampuan literasi sains murid dikhawatirkan dapat mengakibatkan kesalahan interpretasi konsep, sehingga berdampak pada penurunan kualitas dan hasil belajar, baik dari aspek pengetahuan atau kognitif, sikap dan nilai atau afektif, maupun keterampilan atau psikomotorik (Widayati, 2021; Putra & Bancong, 2024). Salah satu model pembelajaran yang dapat meningkatkan literasi sains serta memberikan efek jangka panjang terhadap kemampuan tersebut adalah model pembelajaran inkuiri terbimbing (Wen et al., 2020; Artayasa et al., 2021). Model pembelajaran inkuiri terbimbing dapat meningkatkan literasi sains murid, terutama pada aspek pemahaman konsep dan keterampilan sains (Faizin et al., 2024).

Model pembelajaran inkuiri terbimbing menawarkan kerangka pedagogis yang tepat untuk menumbuhkan keterampilan literasi sains karena menempatkan murid sebagai penyelidik yang dibimbing dalam mengamati fenomena, merumuskan pertanyaan, merancang pengumpulan data, dan menarik kesimpulan berbasis bukti. Meskipun demikian, efektivitas model pembelajaran ini sangat bergantung pada kualitas pelaksanaan, kesiapan guru, serta desain pembelajaran yang diterapkan, termasuk penyediaan lingkungan belajar dan sarana observasi lapangan yang memadai. Hal ini sejalan dengan hasil observasi dan wawancara pada saat pra penelitian dengan guru mata pelajaran IPA. Pada materi ekosistem, guru lebih sering menggunakan metode konvensional atau *teacher centered*, yaitu guru menyampaikan materi

melalui PowerPoint atau video. Kondisi tersebut disebabkan oleh keterbatasan akses ke lapangan sehingga guru lebih sering menggunakan metode pembelajaran konvensional.

Materi ekosistem bersifat sistemik dan sebagian terkesan abstrak karena tidak seluruh konsep dapat dilihat secara langsung. Untuk memahaminya, murid perlu mengamati hubungan antara komponen biotik dan abiotik, pola aliran energi, serta interaksi antarorganisme yang relatif sulit divisualisasikan dalam ruang kelas konvensional. Kondisi ini menuntut adanya strategi pembelajaran yang memungkinkan observasi sistemik dan analisis bukti secara efisien dalam konteks kelas. Dalam konteks keterbatasan observasi lapangan, media imersif seperti virtual reality dapat digunakan sebagai alternatif potensial untuk memperkaya observasi dan representasi fenomena sains. Metode pembelajaran menggunakan virtual reality memiliki banyak manfaat bagi murid, seperti meningkatkan motivasi, keterampilan komunikasi, serta dapat digunakan sebagai media simulasi atau hiburan (Ye et al., 2025). Selain itu, metode pembelajaran menggunakan *virtual reality* dinilai lebih efektif dan efisien dibandingkan pembelajaran konvensional (Suri et al., 2023; Huang & Macgilchrist, 2024; Hidayat et al., 2025).

Sehingga, integrasi inkuiri terbimbing dan *virtual reality* menawarkan potensi sinergis, yaitu virtual reality menyediakan representasi visual dan pengalaman observasi yang imersif, sedangkan inkuiri terbimbing memberikan scaffolding agar pengalaman tersebut menghasilkan pemahaman ilmiah yang lebih mendalam. Meskipun potensi tersebut menjanjikan, kajian empiris yang menguji efektivitas kolaborasi inkuiri terbimbing dan virtual reality terhadap literasi sains pada materi ekosistem di jenjang SMP masih relatif terbatas. Keterbatasan tersebut terutama terlihat pada penelitian eksperimen dengan *one-group pretest-posttest design* yang menilai aspek kemampuan menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengkonstruksi dan mengevaluasi desain penyelidikan ilmiah, menginterpretasikan data dan bukti ilmiah secara kritis, serta meneliti, mengevaluasi, dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan dan tindakan.

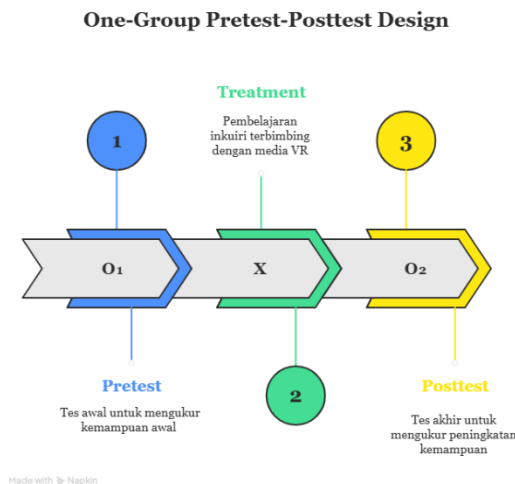
Efektivitas model pembelajaran inkuiri berbantuan media *virtual reality* dapat diukur berdasarkan peningkatan keterampilan literasi sains, keterlaksanaan pembelajaran, dan *respons* murid setelah pembelajaran dilakukan (Plomp & Nieveen, 2010). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan tersebut dengan menguji apakah pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan virtual reality mampu meningkatkan literasi sains murid pada materi ekosistem. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris bagi praktik pembelajaran dan kebijakan sekolah yang hendak mengintegrasikan teknologi imersif secara efektif.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yang melibatkan proses pengumpulan, analisis, interpretasi dan penulisan hasil penelitian. Jenis penelitian yang digunakan adalah *pre-experimental designs* dengan bentuk *one-group pretest-posttest design*. Dalam *pre-experimental designs*, peneliti hanya meneliti satu kelompok dan memberikan perlakuan/intervensi kepada kelompok tersebut selama penelitian berlangsung. Desain ini juga tidak memiliki kelompok kontrol untuk dibandingkan dengan kelompok eksperimen (Creswell & Creswell, 2018).

Desain penelitian *one-group pretest-posttest design*, yaitu penelitian yang dilakukan dengan cara memberikan tes awal literasi sains (*pretest*), kemudian *treatment*, dan diakhiri dengan tes akhir literasi sains (*posttest*) untuk mengetahui adanya perubahan keterampilan literasi sains murid. Perlakuan yang diterapkan berupa pembelajaran inkuiri terbimbing dengan media VR.

Pada penelitian ini VR dibuat menggunakan *platform* spatial.io menawarkan sebuah model VR yang lebih hemat biaya karena tidak memerlukan perangkat yang canggih atau mahal (Susilana et al., 2024). Penerapannya dapat diakses hanya dengan menggunakan *handphone* atau laptop. Durasi penggunaan VR dalam penelitian ini kurang lebih selama 2 jam pelajaran, sehingga diharapkan tidak memberikan efek permasalahan kesehatan bagi murid. *Platform* spatial.io mampu menampilkan video, gambar, dan objek secara langsung dalam bentuk lingkungan 3D interaktif. Sehingga dapat diintegrasikan dalam sebuah pembelajaran. Dengan bantuan media VR ini memberikan kesempatan murid untuk melakukan observasi ekosistem darat dan laut tanpa harus datang ke lokasi secara langsung karena keterbatasan lahan observasi di lingkungan sekolah.



Gambar 1. Ilustrasi One-group pretest-posttest design

Keterangan :

- X : Menggambarkan perlakuan yang dilakukan dalam penelitian
- O : Menggambarkan observasi atau pengukuran yang akan dilakukan dalam penelitian
- O₁ : Pretest
- O₂ : Posttest
- : Menggambarkan urutan prosedur dalam penelitian

Jenis pengambilan subjek dalam penelitian ini menggunakan *purposive sampling* atau nonprobability sample dimana subjek dipilih berdasarkan pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2022), kenyamanan dan ketersediaan mereka (Creswell & Creswell, 2018; Sugiyono, 2022). Pada *purposive sampling* peneliti tidak sekedar memilih siapa saja yang tersedia, tetapi peneliti menggunakan pertimbangannya untuk memilih subjek yang berdasarkan pengetahuan atau informasi awal yang dianggap mampu memberikan data yang dibutuhkan dalam penelitian (Fraenkel et al., 2012). Subjek dalam penelitian ini adalah murid kelas VII B sebanyak 27 murid di SMP Negeri 32 Surabaya pada Tahun Ajaran 2025/2026. Penelitian ini dilaksanakan dalam 2 kali pertemuan dengan total 5 jam pelajaran.

Pemilihan subjek penelitian ini berdasarkan pertimbangan kesesuaian jadwal, ketersediaan sarana pendukung, kesesuaian materi yang akan diteliti dan rekomendasi guru mata pelajaran IPA, yang menyatakan bahwa kelas tersebut paling mendukung jika dijadikan sebagai subjek penelitian karena memiliki kemampuan awal yang baik dalam menggunakan teknologi, cepat memahami instruksi dari guru, dan memiliki *respons* positif dalam pembelajaran. Subjek penelitian ini dianggap layak digunakan untuk memperoleh gambaran mengenai efektivitas pembelajaran inkuiri terbimbing dengan VR terhadap peningkatan literasi sains murid.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi tes, observasi, dan kuesioner (angket). Tes kemampuan (*ability tests*) digunakan untuk mengukur keterampilan seseorang dalam bidang atau mata pelajaran tertentu (Fraenkel et al., 2012). Pada penelitian ini tes digunakan untuk mengukur keterampilan literasi sains murid antara sebelum (*pretest*) dan sesudah perlakuan (*posttest*). Tes literasi sains berbentuk soal pilihan ganda sebanyak 15 soal, yang disusun berdasarkan indikator literasi sains PISA *Science Framework 2025* yaitu (1) Menjelaskan fenomena secara ilmiah, (2) Mengkonstruksi dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti ilmiah secara kritis, (3) Meneliti, mengevaluasi, dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan dan tindakan.

Observasi adalah proses pengumpulan data dengan menggunakan lembar pengamatan yang berisi perilaku atau kegiatan apa saja yang harus dicatat dan dinilai oleh pengamat (Fraenkel et al., 2012). Pada penelitian ini observasi digunakan untuk memperoleh data mengenai keterlaksanaan pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan VR. Instrumen lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran berisi aspek-aspek kegiatan guru dan aktivitas murid pada setiap sintaks inkuiri terbimbing. Observasi dilakukan oleh 3 orang pengamat. Penilaian *observasi* menggunakan skala *likert*.

Angket merupakan salah satu proses pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberikan pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada subjek penelitian untuk dijawab dengan cara menulis atau menandai lembar jawaban (Sugiyono, 2022; Fraenkel et al., 2012). Pada penelitian ini angket digunakan untuk mengetahui *respons* murid setelah melakukan pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan VR. Lembar Angket *respons* murid mencakup aspek ketertarikan dan motivasi belajar, pemahaman konsep, persepsi terhadap pembelajaran VR, model pembelajaran dan literasi sains. Pada setiap aspek terdapat 3 pernyataan, sehingga angket *respons* murid berjumlah 15 pernyataan. Data dari angket digunakan untuk mengetahui persepsi murid serta mendukung analisis penggunaan model dan media pembelajaran yang diterapkan. Angket disajikan dalam bentuk skala *likert*.

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beberapa tahap sesuai dengan jenis data yang diperoleh. Pengujian peningkatan keterampilan literasi sains setelah dilakukan penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing dengan media VR menggunakan tes prasyarat melalui SPSS versi 27. Uji normalitas menggunakan uji *Shapiro-Wilk* karena data yang digunakan kurang dari 50 responden. Data yang berdistribusi normal kemudian diuji menggunakan uji-t berpasangan (*paired t-test*) untuk menentukan apakah terdapat perbedaan signifikan antara hasil *pretest* dan *posttest* pada kelompok yang sama. Jika data tidak berdistribusi normal maka dilakukan analisis menggunakan uji *wilcoxon*. Analisis *effect size* kemudian dilakukan untuk mengetahui besarnya pengaruh perbedaan pada dua sampel data berpasangan. Uji *effect size* merupakan salah satu cara untuk mengetahui seberapa besar perbedaan antara dua kelompok dalam penelitian tidak hanya perbedaan signifikan atau tidak tetapi seberapa besar perbedaan pengaruh tersebut secara nyata (Fraenkel et al., 2012).

Data keterlaksanaan pembelajaran dan *respons* murid dianalisis menggunakan statistik deskriptif. Kedua data tersebut dihitung dengan menjumlahkan skor yang diperoleh, kemudian membaginya dengan jumlah skor maksimum dan mengalikannya dengan 100%. Hasil tersebut kemudian diinterpretasikan berdasarkan kriteria berkategori sangat baik apabila memperoleh nilai persentase sebesar 81-100%, baik 61-80%, cukup 42-60%, kurang 21-40%, dan sangat kurang sebesar 0-20% (Solikah & Novita, 2022).

Hasil

Peningkatan Keterampilan Literasi Sains Murid

Peningkatan keterampilan literasi sains murid dapat dilihat berdasarkan hasil statistik deskriptif yang ditunjukkan pada *Tabel 1* berikut ini.

Table 1. Statistik deskriptif tes literasi sains

Statistik Deskriptif	Pretest	Posttest
Mean	44,94	59,51
Median	46,67	53,33
Modus	46,67	53,33
Standar Deviasi	20,88	21,07
Minimum	6,67	26,67
Maksimum	93,33	100,00

Berdasarkan *Tabel 1* dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai murid dari *pretest* ke *posttest*. Nilai rata-rata (mean) *pretest* murid mengalami peningkatan pada saat *posttest*. Selain itu nilai median, modus, minimum, dan maksimum juga mengalami kenaikan. Jika dilihat dari penyebaran datanya, standar deviasi pada saat *pretest* mengalami sedikit peningkatan pada saat *posttest*. Nilai tersebut menunjukkan variasi nilai murid relatif tidak jauh berbeda antara kedua tes. Secara keseluruhan, berdasarkan data tersebut menunjukkan adanya peningkatan hasil tes keterampilan literasi sains setelah pembelajaran dilakukan.

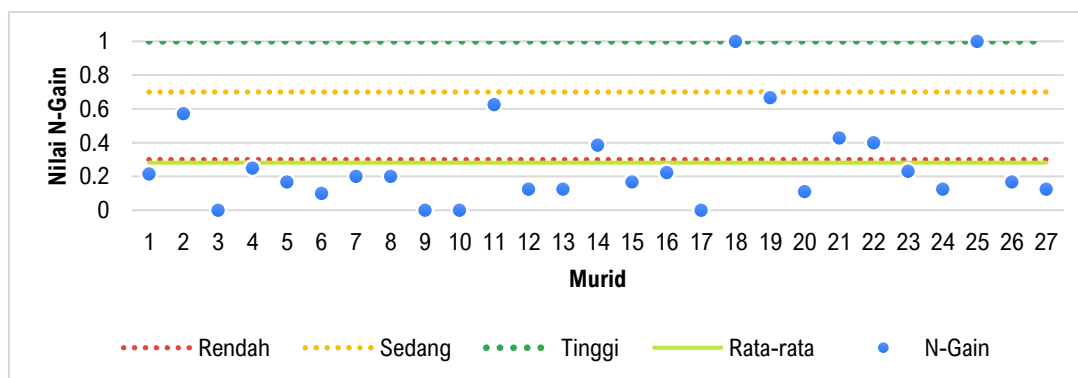
Analisis N-gain

Peningkatan literasi sains juga dapat diukur menggunakan analisis N-Gain. Analisis N-Gain digunakan untuk mengetahui seberapa besar peningkatan antara hasil *pretest* dan *posttest* murid setelah diterapkannya model pembelajaran inkuiri terbimbing dengan media VR. Hasil rata-rata N-gain ditunjukkan pada *Tabel 2* berikut ini.

Table 2. Rata-rata N-Gain

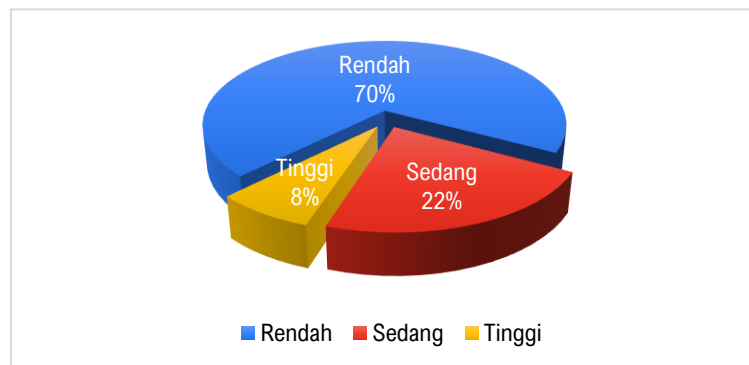
Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ngain_score	27	0,00	1,00	0,28	0,27

Berdasarkan *Tabel 2* dapat dilihat bahwa jumlah sampel dalam penelitian ini sebanyak 27 murid. Nilai N-gain minimum yang diperoleh sebesar 0,00, sedangkan nilai N-gain maksimum mencapai 1,00. Rata-rata N-gain seluruh murid kelas 7B sebesar 0,28 dengan standar deviasi sebesar 0,27. Nilai rata-rata tersebut menunjukkan bahwa peningkatan literasi sains murid setelah pembelajaran berada pada kategori rendah. Adapun rata-rata tersebut diperoleh dari nilai N-gain tiap murid. Hasil perolehan N-gain tiap murid disajikan pada *Gambar 2*.



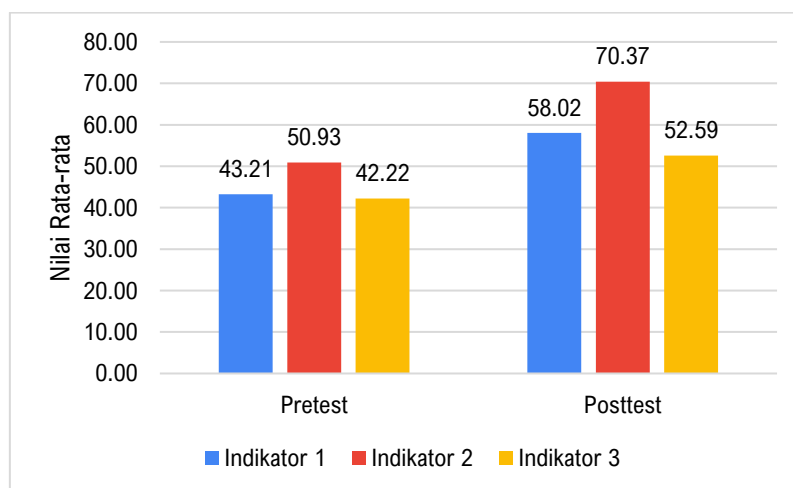
Gambar 2. N-Gain tiap murid

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa mayoritas murid mengalami peningkatan keterampilan literasi sains pada kategori rendah. Peningkatan literasi sains murid dalam kategori rendah sebanyak 15 murid, kategori sedang 6 murid, dan kategori tinggi 2 murid. Sebanyak 15 murid memperoleh nilai N-gain di bawah rata-rata 0,28 dan 8 murid memperoleh nilai N-gain di atas rata-rata. Persentase peningkatan literasi sains murid secara keseluruhan disajikan pada Gambar 3.



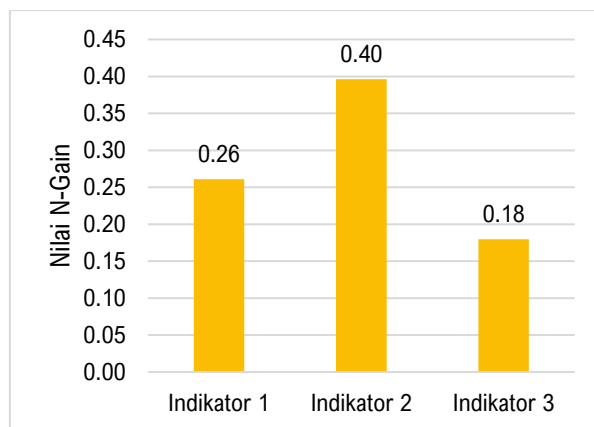
Gambar 3. *Persentase n-gain kelas 7b*

Berdasarkan Gambar 3 diperoleh persentase peningkatan keterampilan literasi sains murid dengan kategori rendah sebesar 70%, sedang 22% dan tinggi 8%. Keterampilan literasi sains diukur berdasarkan 3 indikator, yaitu (1) Menjelaskan fenomena secara ilmiah, (2) Mengkonstruksi dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti ilmiah secara kritis, (3) Meneliti, mengevaluasi, dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan dan tindakan. Perbandingan nilai ketercapaian setiap indikator literasi sains disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. *Nilai Rata-rata setiap indikator literasi sains*

Nilai rata-rata setiap indikator literasi sains pada Gambar 4 menunjukkan adanya peningkatan pada masing-masing indikator literasi sains. Pada indikator ke-1 literasi sains nilai rata-rata *pretest* sebesar 43,21 kemudian meningkat pada saat *posttest* rata-rata nilainya menjadi 58,02. indikator ke-2 juga mengalami peningkatan dari 50,93 menjadi 70,37, begitu juga dengan indikator yang ke-3 meningkat dari 42,22 menjadi 52,59. Nilai rata-rata *pretest* terendah yaitu pada indikator ke-1 dengan nilai 43,21 dan tertinggi pada indikator 2 dengan nilai 50,93. nilai rata-rata *posttest* terendah ada pada indikator ke-3 dengan nilai 52,59 dan tertinggi pada indikator ke-2 dengan nilai 70,37. Hasil N-gain untuk setiap indikator literasi sains disajikan pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Nilai N-gain tiap indikator literasi sains

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan bahwa indikator ke-1 literasi sains memiliki nilai N-gain sebesar 0,26 yang termasuk kedalam kategori rendah karena $<0,3$. Kemudian, indikator ke-2 memiliki nilai N-gain sebesar 0,40 yang termasuk kedalam kategori sedang karena $>0,3$ dan indikator ke-3 memiliki nilai N-gain 0,18 yang termasuk kedalam kategori rendah karena $<0,3$.

Uji Normalitas

Uji normalitas merupakan uji prasyarat sebelum dilakukannya uji statistik inferensial. Uji normalitas digunakan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Berikut disajikan hasil uji normalitas menggunakan aplikasi SPSS versi 27 pada Tabel 3.

Table 3. Hasil uji normalitas

	Tests of Normality					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
<i>pretest</i> tes literasi sains	0,13	27	0,20	0,95	27	0,19
<i>posttest</i> tes literasi sains	0,21	27	0,00	0,94	27	0,13

Berdasarkan hasil uji normalitas pada Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai signifikansi *pretest* sebesar 0,19 dan *posttest* 0,13. Nilai tersebut menunjukkan bahwa data yang telah diperoleh berdistribusi normal karena memiliki nilai signifikansi $>0,05$. Karena data berdistribusi normal dan memenuhi syarat uji parametrik, maka selanjutnya dilakukan uji-t berpasangan (*paired t-test*). Hasil uji-t berpasangan disajikan pada Tabel 4.

Table 4. Hasil uji-t berpasangan

Paired Samples Test						
		<i>t</i> _{tabel}	<i>t</i> _{hitung}	df	Sig. (2-tailed)	
Pair 1	<i>pretest</i> _ <i>posttest</i> tes literasi sains	2,06	-5,00	26	0,00	

Berdasarkan hasil uji-t berpasangan pada Tabel 4. diketahui bahwa nilai signifikansi sebesar 0,00 dimana nilai tersebut $<0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Data tersebut juga diperkuat dengan perbandingan nilai *t*_{tabel} 2,06 dan *t*_{hitung} -5,00, dimana nilai tersebut menunjukkan bahwa $-t_{hitung} < -t_{tabel}$ maka, H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara skor *pretest* dan *posttest* keterampilan literasi sains murid setelah mengikuti pembelajaran inkuiri terbimbing dengan media VR pada materi ekosistem.

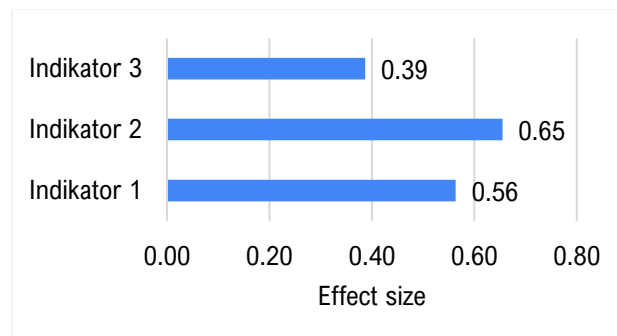
Effect size

Effect size digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pembelajaran inkuiri terbimbing dengan media VR terhadap peningkatan keterampilan literasi sains. Hasil *effect size* disajikan pada Tabel 5.

Table 5. Hasil Effect size Cohen's d

		Paired Samples Effect sizes	
		Standardizer ^a	Point Estimate
Pair 1	Pretest_posttest	Cohen's d	15,14
	tes literasi sains	Hedges' correction	15,36
			-0,96
			-0,95

Berdasarkan Tabel 5. diketahui nilai *effect size* berdasarkan persamaan cohen's d sebesar 0,96. Jika nilai *effect size* tersebut diinterpretasikan berdasarkan Tabel 3.8 maka termasuk kedalam kategori tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing dengan media VR memberikan pengaruh yang cukup besar bagi peningkatan keterampilan literasi sains murid. Berdasarkan data di atas memungkinkan analisis *effect size* pada setiap indikator literasi sains yang disajikan seperti pada Gambar 6 di bawah ini.

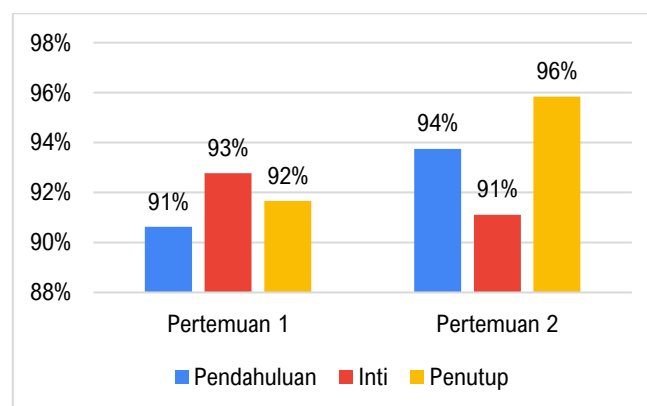


Gambar 6. Nilai effect size tiap indikator literasi sains

Nilai *effect size* tiap indikator literasi sains pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa indikator ke-1 memperoleh nilai *effect size* sebesar 0,56 dengan kategori sedang. Indikator ke-2 memperoleh nilai 0,65 dengan kategori sedang, sedangkan indikator ke-3 memperoleh nilai 0,39 dengan kategori rendah. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran inkuiri terbimbing dengan media VR untuk peningkatan keterampilan literasi sains berpengaruh pada setiap indikator literasi sains.

Keterlaksanaan Pembelajaran

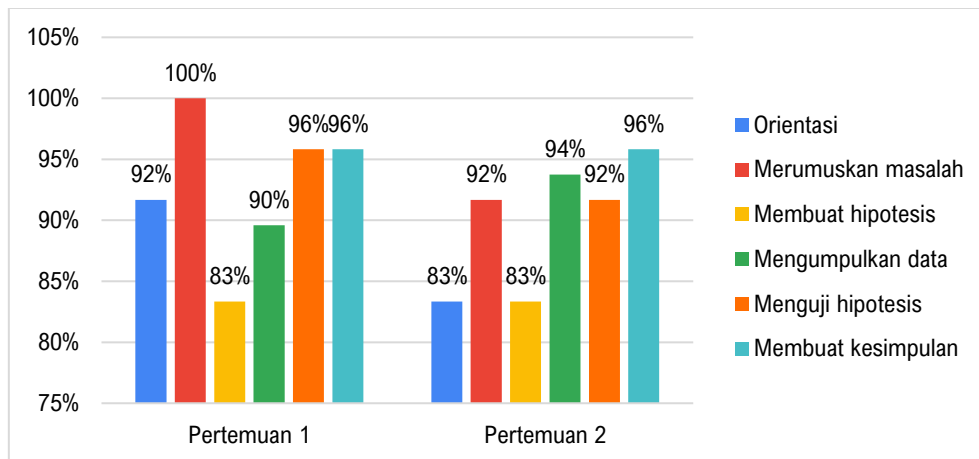
Keterlaksanaan pembelajaran diukur berdasarkan hasil observasi dari 3 orang observer yaitu 1 guru dan 2 mahasiswa. Keterlaksanaan pembelajaran yang dianalisis terdiri dari kegiatan pendahuluan, inti dan penutup. Pada kegiatan inti model pembelajaran inkuiri terbimbing terdiri dari 6 fase diantaranya (1) orientasi, (2) merumuskan masalah, (3) membuat hipotesis, (4) mengumpulkan data, (5) menguji hipotesis, (6) membuat kesimpulan. Adapun persentase keterlaksanaan pembelajaran inkuiri terbimbing disajikan pada Gambar 7. berikut ini.



Gambar 7. Persentase keterlaksanaan pembelajaran

Berdasarkan Gambar 7. dapat diketahui bahwa pada kegiatan pendahuluan mengalami peningkatan dari pertemuan pertama 91% menjadi 94% pada pertemuan kedua. Tetapi pada kegiatan inti mengalami penurunan pada pertemuan pertama 93% menjadi 91% pada pertemuan kedua. Kemudian, pada kegiatan penutup mengalami peningkatan dari pertemuan pertama 92% menjadi 96% pada pertemuan kedua. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa keterlaksanaan pembelajaran pada pertemuan pertama dan kedua memiliki kategori keterlaksanaan yang sangat baik sesuai dengan kategori persentase keterlaksanaan pembelajaran.

Kualitas keterlaksanaan pembelajaran juga dapat dilihat dari persentase keterlaksanaan tiap fase dalam sintaks pembelajaran inkuiri terbimbing pada kegiatan inti yang disajikan pada Gambar 8 berikut ini.

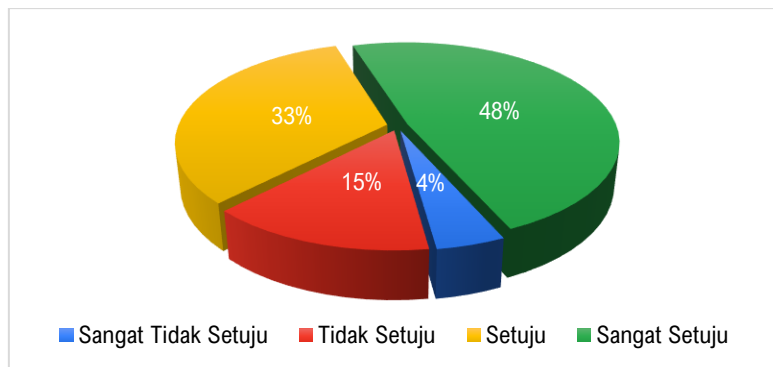


Gambar 8. Persentase keterlaksanaan sintaks inkuiri terbimbing

Berdasarkan Gambar 8 dapat diketahui bahwa persentase keterlaksanaan di setiap fase sintaks inkuiri terbimbing, antara pertemuan pertama dan kedua ada yang mengalami peningkatan, penurunan, dan ada yang tidak mengalami perubahan. Fase yang mengalami peningkatan adalah fase ke-4 mengumpulkan data dari 90% menjadi 94%. Fase yang mengalami penurunan adalah fase ke-1 orientasi, ke-2 merumuskan masalah, dan ke-5 menguji hipotesis. Pada fase orientasi memperoleh nilai persentase 92% pada pertemuan pertama kemudian turun menjadi 83% pada pertemuan kedua. Begitu juga dengan fase merumuskan masalah dari 100% menjadi 92%, kemudian pada fase menguji hipotesis dari 96% menjadi 92%. sedangkan pada fase ke-3 membuat hipotesis dan ke-6 membuat kesimpulan tidak mengalami perubahan nilai persentase. Pada fase membuat hipotesis memiliki nilai persentase tetap antara pertemuan pertama dan kedua yaitu 83%, begitu juga dengan fase membuat kesimpulan memiliki nilai yang tetap yaitu sebesar 96%.

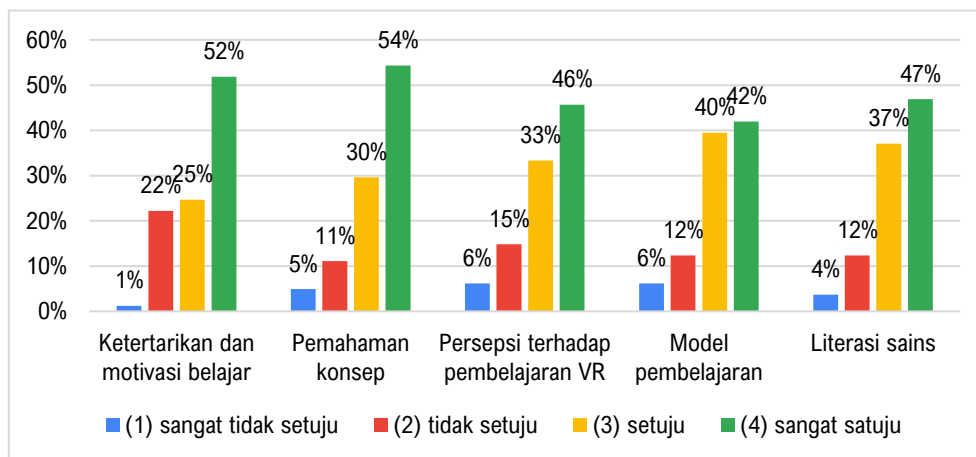
Respons Murid

Data *respons* murid dalam penelitian ini diperoleh berdasarkan hasil angket *respons* murid terhadap pembelajaran inkuiri terbimbing dengan media VR terhadap peningkatan keterampilan literasi sains murid. Angket *respons* ini terdiri dari 5 aspek diantaranya adalah (1) Ketertarikan dan Motivasi Belajar, (2) Pemahaman Konsep, (3) Persepsi terhadap Pembelajaran VR, (4) Model Pembelajaran, (5) Literasi Sains. Pada masing-masing aspek terdapat 3 butir pernyataan. Angket *respons* menggunakan skala likert. Persentase hasil angket *respons* murid secara keseluruhan disajikan pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. *Persentase hasil respons murid keseluruhan*

Berdasarkan Gambar 9 dapat diketahui bahwa hasil angket *respons* dari keseluruhan murid dengan jumlah 27 murid 48% diantaranya menjawab sangat setuju (4), 33% setuju (3), 15% tidak setuju (2), dan 4% sangat tidak setuju (1). Hal ini menunjukkan bahwa dari 15 butir pernyataan memperoleh *respons* murid yang bervariasi pada setiap aspeknya. Berdasarkan data tersebut memungkinkan untuk dilakukan analisis *respons* murid pada setiap aspek. Hasil persentase analisis *respons* murid pada setiap aspek disajikan pada Gambar 10 di bawah ini.



Gambar 10. *Persentase respons murid tiap aspek*

Berdasarkan Gambar 10 dapat dilihat bahwa pada aspek ketertarikan dan motivasi belajar, sebanyak 1% murid menjawab sangat tidak setuju, 22% tidak setuju, 25% setuju, dan 52% sangat setuju. Pada aspek pemahaman konsep, sebanyak 5% murid menjawab sangat tidak setuju, 11% tidak setuju, 30% setuju, dan 54% sangat setuju. Pada aspek persepsi terhadap pembelajaran VR, sebanyak 6% murid menjawab sangat tidak setuju, 15% tidak setuju, 33% setuju, dan 46% menjawab sangat setuju. Pada aspek model pembelajaran sebanyak 6% murid menjawab sangat tidak setuju, 12% tidak setuju, 40% setuju, dan 42% sangat setuju. Pada aspek literasi sains sebanyak 4% murid menjawab sangat tidak setuju, 12% tidak setuju, 37% setuju, dan 47% sangat setuju. Berdasarkan data di atas dapat diketahui bahwa *respons* murid bervariasi pada setiap aspeknya.

Pembahasan

Peningkatan Keterampilan Literasi Sains Murid

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa setelah diterapkan pembelajaran inkuiri terbimbing dengan media VR pada materi ekosistem menunjukkan adanya peningkatan literasi sains pada murid kelas VII-B. Peningkatan nilai standar deviasi menunjukkan

bahwa sebaran kemampuan murid sebelum dan sesudah perlakuan masih relatif beragam. Hal ini merupakan sebuah temuan penelitian yang menjelaskan bahwa pembelajaran yang telah dilakukan dapat meningkatkan literasi sains murid, namun belum mampu menyamaratakan kemampuan akhir seluruh murid. Standar deviasi merupakan salah satu alat yang digunakan untuk memahami variasi atau keberagaman data secara menyeluruh (Rakrak, 2025; Harahap et al., 2025).

Standar deviasi kecil menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan mengelompok di sekitar rata-rata, sedangkan ketika nilai standar deviasi besar menunjukkan bahwa penyebaran nilai dari rata-rata juga besar. Peningkatan literasi sains juga dapat dilihat dari nilai N-gain seperti yang tertera pada *Tabel 2*. nilai rata-rata N-gain menunjukkan bahwa peningkatan literasi sains murid berada pada kategori rendah. Meskipun peningkatan literasi sains berdasarkan nilai N-gain tergolong rendah, hasil uji-t menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest* murid (lihat *Tabel 4*). Selain itu, diperkuat dengan nilai *effect size* yang berada pada kategori tinggi (lihat *Tabel 5*). Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran inkuiri terbimbing dengan bantuan media VR yang telah dilakukan memiliki pengaruh yang kuat, meskipun peningkatan yang terjadi belum optimal.

Hasil ini didukung dengan penelitian yang memaparkan bahwa model pembelajaran inkuiri terbimbing dapat meningkatkan keterampilan literasi sains murid dengan nilai *effect size* sebesar 1,8 dalam kategori tinggi (Nurillahi et al., 2024). Selain itu, penelitian lain juga memaparkan bahwa penggunaan media VR dalam pembelajaran biologi terbukti signifikan dalam meningkatkan literasi sains murid dengan nilai *effect size* yang berada pada kategori sedang hingga tinggi (Tamba et al., 2026). Rendahnya rata-rata nilai N-gain murid dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya adalah karena karakteristik literasi sains sebagai sebuah kemampuan yang kompleks. Literasi sains tidak hanya mencakup pemahaman konsep, tetapi juga kemampuan menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengevaluasi, serta menginterpretasikan data ilmiah dalam konteks nyata (OECD, 2023).

Hal ini menyebabkan peningkatannya tidak dapat terjadi secara instan dan membutuhkan proses yang berkelanjutan. Berdasarkan penelitian yang menemukan hasil peningkatan literasi sains yang diperoleh juga dalam kategori rendah, yang disebabkan oleh kurangnya fasilitas pendukung yang dimiliki sekolah, kurangnya minat murid dalam membaca, serta kurangnya kemampuan murid untuk menerapkan pengetahuan yang telah dipelajari terhadap sebuah permasalahan (Oktaviani & Faizah, 2024). Selain itu durasi pembelajaran yang terbatas juga menjadi salah satu penyebab rendahnya peningkatan literasi sains murid. Pada penelitian ini durasi pembelajaran yang diberikan hanya sebanyak dua kali pertemuan. Durasi pembelajaran dalam waktu singkat cenderung belum mampu memberikan peningkatan yang maksimal, terutama untuk kemampuan tingkat tinggi seperti literasi sains. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa keterampilan literasi sains indonesia sejak tahun 2000 hingga 2018 berada dalam kategori rendah (Sutrisna, 2021).

Selain itu data PISA pada tahun 2022 juga menunjukkan bahwa peringkat literasi sains indonesia masih rendah dan berada di bawah rata-rata (OECD, 2023). Kondisi ini mengindikasikan bahwa peningkatan literasi sains membutuhkan waktu yang lebih panjang dan latihan yang berulang untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal. Penerapan pembelajaran inkuiri terbimbing yang dipadukan dengan media VR juga memerlukan proses adaptasi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menjelaskan bahwa penerapan media digital juga memiliki kekurangan dan tantangan yang dapat mempengaruhi jalannya pembelajaran seperti keterbatasan sumber daya (perangkat keras dan lunak, jaringan internet yang stabil, dan tenaga

pendidik yang terampil), dan kesulitan adaptasi dimana seringkali murid membutuhkan waktu untuk menguasai instrumen baru, yang dapat menyebabkan kecemasan dan frustrasi Azmi et al., 2024; Ghazy et al., 2025).

Data di atas didukung dengan pernyataan murid pada saat penelitian berlangsung yang menyebutkan bahwa pembelajaran yang dilakukan merupakan hal baru bagi mereka. Kondisi ini menyebabkan tidak semua murid dapat langsung mencapai peningkatan yang optimal, sehingga peningkatan yang terjadi masih terbatas meskipun pembelajaran yang telah dilakukan memberikan pengaruh yang kuat serta meningkatkan motivasi belajar murid. Rendahnya rata-rata nilai N-gain juga dipengaruhi oleh variasi kemampuan antar murid. Hal ini dapat dilihat berdasarkan nilai standar deviasi yang mendekati rata-rata, serta adanya perbedaan nilai yang cukup tinggi, mulai dari murid yang tidak mengalami peningkatan hingga yang mengalami peningkatan maksimal (lihat Tabel 2).

Variasi kemampuan antar murid dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti perbedaan kemampuan awal, dimana murid dengan nilai *pretest* rendah memiliki peluang peningkatan yang lebih besar dibandingkan dengan murid yang telah memiliki kemampuan awal tinggi (Khoirunnisa, 2023; Wulandari et al., 2024), karena nilai N-gain sangat dipengaruhi oleh titik awal murid. Selain itu, tingkat keterlibatan murid dalam proses pembelajaran juga dapat mempengaruhi hasil peningkatan yang diperoleh (Gaghunting & Bermuli, 2023; Nurmallasari et al., 2024). Berdasarkan hal tersebut, variasi kemampuan murid mencerminkan bahwa peningkatan literasi sains tidak terjadi secara merata pada keseluruhan murid. Oleh karena itu, penting bagi guru untuk memberikan dukungan dan bimbingan lebih besar untuk murid yang memiliki kemampuan awal lebih rendah.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan literasi sains pada setiap indikator yang diuji. Indikator literasi sains yang diukur pada penelitian ini meliputi tiga indikator diantaranya adalah (1) Menjelaskan fenomena secara ilmiah, (2) Mengkonstruksi dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti ilmiah secara kritis, (3) Meneliti, mengevaluasi, dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan dan tindakan (OECD, 2023). Berdasarkan ketiga indikator tersebut memperoleh nilai N-gain yang berbeda. Peningkatan pada masing-masing indikator tersebut dijelaskan sebagai berikut:

Menjelaskan Fenomena Secara Ilmiah

Berdasarkan hasil analisis data (lihat Gambar 3 dan Gambar 4) menunjukkan bahwa nilai peningkatan pada indikator menjelaskan fenomena secara ilmiah masih rendah, namun lebih tinggi jika dibandingkan dengan indikator ketiga. Rendahnya peningkatan ini dapat disebabkan oleh karakteristik kemampuan yang dituntut pada indikator tersebut. Kemampuan menjelaskan fenomena secara ilmiah tidak hanya memerlukan pemahaman konsep, tetapi juga kemampuan mengaitkan konsep dengan fenomena nyata sehari-hari secara logis dan sistematis untuk membuat prediksi (Brockbank & Walker, 2022).

Oleh karena itu, murid yang belum sepenuhnya memahami konsep dasar sains yang kuat dan aplikasinya, cenderung mengalami kesulitan dalam mengembangkan kemampuan ini. Hal ini terjadi karena murid cenderung menggunakan metode hafalan dalam memahami konsep bukan proses berpikir (Arbadilah et al., 2025). Selain itu, kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah juga berkaitan dengan proses berpikir abstrak, sehingga lebih sulit dibandingkan kemampuan yang bersifat prosedural seperti menginterpretasikan data.

Mengkonstruksi dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti ilmiah secara kritis

Peningkatan pada indikator mengkonstruksi dan mengevaluasi desain-desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data menunjukkan nilai paling tinggi dibandingkan indikator lainnya. Peningkatan ini dapat dipengaruhi oleh penerapan pembelajaran inkuiri terbimbing yang secara langsung melibatkan murid dalam proses ilmiah, sehingga murid mendapatkan pengalaman langsung yang lebih bermakna (Aiman et al., 2020). Selain itu, penggunaan media VR juga membantu murid dalam memvisualisasikan fenomena yang ada, sehingga mempermudah dalam memahami dan menginterpretasikan data secara lebih konkret (Suri et al., 2023; Hidayat et al., 2025).

Meneliti, mengevaluasi, dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan dan tindakan

Peningkatan pada indikator meneliti, mengevaluasi, dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan memiliki nilai paling rendah. Rendahnya peningkatan pada indikator ini dapat disebabkan oleh tuntutan kemampuan berpikir tingkat tinggi, seperti mengevaluasi informasi dan mengambil keputusan berdasarkan bukti ilmiah, yang memerlukan keterampilan analisis dan penalaran lebih mendalam dan lebih dari sekedar pengetahuan konten (Khery et al., 2022), sehingga tidak semua murid dapat menguasainya dengan cepat. Selain itu, murid belum terbiasa mengaitkan konsep ilmiah dengan konteks kehidupan sehari-hari secara langsung, sehingga membutuhkan waktu dan pembiasaan yang lebih panjang untuk peningkatan yang lebih optimal. Rendahnya kemampuan murid pada indikator ini juga dapat disebabkan karena bacaan pada soal terlalu banyak dimana mereka jarang mendapatkan soal tersebut pada pembelajaran sebelumnya. Hal ini dapat terjadi karena rendahnya kemampuan membaca murid Indonesia (Khery et al., 2022). Membaca merupakan literasi mendasar yang menjadi komponen penting dalam keoptimalan pencapaian kemampuan literasi sains (Shaffer et al., 2019).

Keterlaksanaan Pembelajaran

Keterlaksanaan pembelajaran inkuiri terbimbing dengan media VR pada materi ekosistem diukur berdasarkan penilaian observer terhadap ketercapaian setiap sintaks model pembelajaran inkuiri terbimbing (Nurmaya et al., 2021). Keterlaksanaan dalam pembelajaran tersebut menunjukkan hasil yang sangat baik. Pada kegiatan pendahuluan dimulai dengan memberi salam, memeriksa kehadiran, memberikan apersepsi, motivasi, pemberian acuan terkait tujuan pembelajaran, menyampaikan langkah pembelajarannya yang akan dilakukan dan mengenalkan aplikasi VR pada murid. Pengamatan yang telah dilakukan observer pada kegiatan pendahuluan pertemuan pertama dan kedua berada dalam kategori sangat baik. Pada tahap ini sangat penting bagi guru untuk menghasilkan suasana kelas yang menyenangkan, dan memberikan pengetahuan baru agar murid tertarik dalam proses pembelajaran (Hasanah & Nurita, 2021).

Pada kegiatan inti pengamatan yang dilakukan oleh observer mengalami penurunan pada pertemuan kedua namun masih dalam kategori sangat baik. Penurunan keterlaksanaan pada kegiatan inti dalam pembelajaran ini dapat dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya seperti kendala pada saat proses pembelajaran berlangsung. Murid membutuhkan waktu yang relatif lama pada saat merumuskan masalah dan penyusunan hipotesis. Selain itu pada tahap interpretasi data, murid mengalami hambatan teknis dimana kebanyakan mengalami buffering pada saat mengakses media VR karena terkendala jaringan. Hambatan tersebut memperlambat proses pembelajaran bagi murid pada saat pengamatan dan pengisian LKM, sehingga alokasi waktu pembelajaran menjadi kurang maksimal.

Pada kegiatan ini terdapat enam fase yaitu kegiatan orientasi, merumuskan masalah, membuat hipotesis, mengumpulkan data, menguji hipotesis dan membuat kesimpulan. Ketercapaian setiap fasenya dipaparkan secara jelas pada Gambar 8. Fase yang mengalami peningkatan tertinggi terjadi pada fase mengumpulkan data, meskipun terdapat hambatan pada saat pengumpulan data namun kegiatan pengamatan yang murid lakukan terlaksana secara optimal. Hal ini sejalan dengan peningkatan tertinggi indikator literasi sains yang terdapat pada indikator interpretasi data. Di samping itu terdapat juga fase yang mengalami penurunan signifikan yaitu pada fase orientasi, pada fase ini murid masih merasa kebingungan karena belum terbiasa dengan pembelajaran yang diterapkan. Meskipun demikian, nilai keterlaksanaan pada kegiatan inti, dan setiap fase inkuiri terbimbing tetap berada dalam kategori sangat baik, sehingga tidak mempengaruhi keterlaksanaan pembelajaran secara keseluruhan.

Setiap fase dalam pembelajaran inkuiri terbimbing mendorong murid untuk terlibat aktif dalam proses pembelajaran seperti melakukan pertukaran ide, diskusi, yang nantinya akan meningkatkan pemahaman mereka terkait materi pembelajaran (Hakim et al., 2020; Azzahra, 2024). Pada kegiatan penutup, guru memberikan apresiasi kepada murid yang berkontribusi saat pembelajaran berlangsung. Pemberian apresiasi ini dapat menumbuhkan rasa percaya diri dan motivasi belajar pada murid (Salamah & Fauziah, 2025). Kemudian guru memberikan kesempatan bertanya terkait hal yang belum dipahami, membimbing murid dalam menyampaikan refleksi serta kesimpulan atas pembelajaran yang telah dilakukan, serta mengonfirmasi materi yang akan dipelajari pada pertemuan berikutnya. Pemberian kesimpulan pada akhir pembelajaran dapat mendukung murid dalam mencapai pemahaman terhadap materi yang telah dipelajari (Zhang & Ma, 2023).

Pada kegiatan penutup dalam penelitian ini memperoleh rata-rata skor keterlaksanaan sebesar 92% pada pertemuan pertama dan 96% pada pertemuan kedua dengan kategori sangat baik. Hal ini menunjukkan kegiatan penutup pada kedua pertemuan telah terlaksana dengan baik dan sesuai. Setiap sintaks dalam tahapan pembelajaran inkuiri terbimbing mendorong peran aktif murid dalam proses pembelajaran mulai dari merumuskan masalah, menyusun hipotesis, melakukan pengamatan melalui media VR, hingga menarik kesimpulan. Hal ini sesuai dengan teori belajar konstruktivisme yang menekankan pentingnya pengalaman belajar aktif dalam membangun pemahaman konsep sains melalui pengalaman pribadi, refleksi, konteks nyata, kolaborasi dan interaksi sosial (Pramana et al., 2024; Nurjamilah et al., 2025). Dengan pemahaman konsep yang baik diharapkan murid dapat mengaplikasikannya terhadap permasalahan sehari-hari. Dalam penelitian kali ini integrasi pembelajaran inkuiri terbimbing dengan media VR, teori belajar konstruktivisme menjadi pijakan filosofis yang sangat cocok. Murid tidak hanya menerima informasi, tetapi secara aktif membangun pemahaman mereka tentang ekosistem melalui eksplorasi virtual, pengalaman langsung dalam lingkungan simulasi, dan refleksi sesuai dengan semangat konstruktivistik.

Selain Pembelajaran VR secara langsung mempengaruhi sensory input dan meningkatkan fokus murid melalui visualisasi 3D, sehingga mendukung pemrosesan informasi secara lebih mendalam. Ketika inkuiri terbimbing mengarahkan murid mengamati, mengidentifikasi variabel, dan menarik kesimpulan, proses tersebut mendorong elaborasi informasi yang sangat dibutuhkan dalam literasi sains, terutama dalam memahami konsep ekosistem yang kompleks. Hal ini sesuai dengan teori belajar kognitif dimana kemampuan kognitif menjadi dasar awal bagi murid untuk menguasai kemampuan lainnya. Hal ini sesuai penelitian yang menjelaskan bahwa kepribadian anak akan terbentuk secara tidak langsung melalui proses belajar, termasuk proses berpikir yang sangat kompleks dapat merangsang struktur kognitif untuk mengembangkan kemampuan penalaran (Widyasari & Hermanto, 2023).

Selain itu, pembelajaran ini juga sejalan dengan teori belajar sosial yang menekankan pentingnya interaksi antar murid dalam proses belajar. Selama kegiatan pembelajaran, murid terlibat dalam diskusi kelompok, bertukar ide, serta bekerja sama dalam menyelesaikan LKM. Interaksi sosial ini memungkinkan terjadinya proses saling belajar antar murid. Hal ini didukung oleh penelitian yang menyatakan bahwa pembelajaran konstruktivisme juga melibatkan interaksi sosial sebagai bagian penting dalam membangun pemahaman dan makna belajar (Nurjamilah et al. 2025).

Sehingga, keterlaksanaan pembelajaran yang berada pada kategori sangat baik tidak hanya menunjukkan bahwa sintaks inkuiri terbimbing telah dilaksanakan secara konsisten, tetapi juga mencerminkan berlangsungnya proses belajar yang bermakna sesuai dengan prinsip konstruktivisme, kognitif, dan sosial. Keterlibatan aktif murid dalam membangun pengetahuan melalui pengalaman langsung, proses berpikir dalam merumuskan dan menguji hipotesis, serta interaksi sosial melalui diskusi kelompok menjadi indikator bahwa pembelajaran tidak bersifat pasif, melainkan mendorong terbentuknya pemahaman yang lebih mendalam.

Respons Murid

Berdasarkan hasil angket *respons* murid setelah mengikuti pembelajaran inkuiri terbimbing dengan media VR pada materi ekosistem, dapat diketahui bahwa persentase jawaban *respons* murid sangat setuju dan setuju lebih besar jika dibandingkan dengan persentase jawaban tidak setuju dan sangat tidak setuju. Data tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran yang diterapkan mampu diterima dengan baik oleh sebagian besar murid serta memberikan pengalaman belajar yang positif. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa, pembelajaran inkuiri terbimbing dengan bantuan media memperoleh *respons* positif dari murid (Murdani et al., 2024). Aspek ketertarikan dan motivasi belajar menunjukkan bahwa sebagian besar murid menyatakan sangat setuju terhadap pembelajaran yang dilakukan menyenangkan, menarik dan mampu meningkatkan motivasi mereka.

Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan media VR dalam pembelajaran inkuiri terbimbing mampu menciptakan suasana belajar yang lebih menarik dan tidak monoton. Visualisasi yang ditampilkan melalui VR memberikan pengalaman belajar yang lebih nyata sehingga mampu meningkatkan minat dan keterlibatan murid selama proses pembelajaran. Pernyataan di atas didukung dengan beberapa penelitian (Huang & Macgilchris, 2024; Susilana et al., 2024), yang menyatakan bahwa pembelajaran yang dilakukan dengan integrasi VR dapat meningkatkan motivasi belajar murid. Aspek ketertarikan dan motivasi belajar menunjukkan bahwa sebagian besar murid merasa terbantu dan lebih mudah dalam memahami materi ekosistem melalui pembelajaran yang dilakukan. Namun, dibalik hal tersebut terdapat beberapa murid yang masih merasa kesulitan dalam memahami konsep materi yang dibuktikan dengan adanya murid yang menjawab tidak setuju atau sangat tidak setuju.

Aktivitas inkuiri yang melibatkan pengamatan, analisis, dan diskusi, didukung dengan visualisasi melalui VR, memungkinkan murid untuk memahami konsep secara lebih konkret. Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga memberikan pengalaman belajar yang bermakna. Integrasi media VR dapat membantu murid meningkatkan pemahaman konsep dalam pembelajaran biologi serta mendukung model pembelajaran yang diterapkan untuk meningkatkan hasil belajar murid (Maryam et al., 2025; Rahmawati et al., 2024). Selain itu, pembelajaran inkuiri dengan media VR juga memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan hasil belajar murid (Angriani et al., 2025).

Aspek ketertarikan dan motivasi menunjukkan bahwa sebagian besar murid memiliki pandangan positif terhadap penggunaan media VR dalam pembelajaran karena media tersebut membantu murid melakukan pengamatan tanpa harus datang ke lapangan secara langsung serta memberikan tampilan yang imersif. Penggunaan VR juga bermanfaat dalam pendidikan sains karena dapat menghadirkan pengalaman belajar yang lebih hidup, interaktif, dan aman, misalnya untuk mengamati fenomena yang sulit diamati secara langsung atau melakukan eksperimen tanpa risiko (Ladjidji et al., 2024). Meskipun demikian, persentase pada aspek ini sedikit lebih rendah dibandingkan aspek lainnya, yang kemungkinan disebabkan oleh masih adanya murid yang merasa kesulitan dalam menggunakan media VR. Beberapa murid memerlukan waktu untuk beradaptasi dalam mengoperasikan aplikasi, sehingga hal tersebut mempengaruhi kenyamanan mereka selama pembelajaran.

Aspek ketertarikan dan motivasi belajar menunjukkan bahwa sebagian besar murid memberikan *respons* positif terhadap pelaksanaan model pembelajaran inkuiri terbimbing. Namun, sebagian murid lainnya masih membutuhkan penyesuaian terhadap model pembelajaran inkuiri terbimbing karena model ini menuntut keaktifan dan kemandirian dalam belajar. Model inkuiri efektif untuk memfasilitasi pembelajaran yang berpusat pada murid dan berorientasi pada penemuan, dengan guru berperan sebagai fasilitator yang membimbing murid dalam proses belajar agar lebih bermakna (FeriYanti & Arsyad, 2025).

Aspek literasi sains menunjukkan bahwa sebagian besar murid merasakan adanya manfaat dari pembelajaran yang telah dilakukan dalam meningkatkan kemampuan literasi sains mereka. Melalui kegiatan inkuiri seperti mengamati, menganalisis, dan menarik kesimpulan, murid dilatih untuk berpikir secara ilmiah. Selain itu, penggunaan media VR juga membantu murid memahami fenomena ekosistem secara lebih nyata sehingga mendukung pengembangan keterampilan literasi sains. Model pembelajaran inkuiri terbimbing memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan literasi sains murid (Faizin et al., 2024).

Penggunaan media VR dalam pembelajaran juga memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan literasi sains murid (Tamba et al., 2026). Secara keseluruhan, keterkaitan antara keterlaksanaan pembelajaran, *respons* murid, dan peningkatan literasi sains menunjukkan bahwa ketiganya saling mempengaruhi satu sama lain (Nihwan & Widodo, 2020). Keterlaksanaan pembelajaran yang baik mampu mendorong munculnya *respons* positif murid, yang pada akhirnya akan meningkatkan keterlibatan aktif murid dalam proses pembelajaran, dan berdampak pada peningkatan literasi sains. Namun, adanya kendala pada beberapa tahapan pembelajaran serta variasi *respons* murid terhadap proses pembelajaran menyebabkan peningkatan literasi sains yang diperoleh belum optimal, seperti yang ditunjukkan oleh rendahnya rata-rata nilai N-gain. Oleh karena itu diperlukan perbaikan pada aspek-aspek tertentu dalam pembelajaran, khususnya pada tahap orientasi masalah, agar memperoleh hasil peningkatan literasi sains yang tidak hanya signifikan secara statistik tetapi juga tinggi dan merata pada seluruh siswa.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan media *virtual reality* (VR) dapat memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan literasi sains murid pada materi ekosistem. Peningkatan tersebut ditunjukkan oleh adanya perbedaan hasil *pretest* dan *posttest* melalui uji-t berpasangan dengan nilai signifikansi 0,00 serta *effect size* sebesar 0,96 yang termasuk kategori besar. Namun, karena nilai rata-rata N-gain masih berada pada kategori rendah, maka efektivitas pembelajaran ini perlu dimaknai secara hati-hati. Artinya, pembelajaran

inkuiri terbimbing berbantuan VR terbukti memberikan dampak positif dan signifikan, tetapi peningkatan literasi sains murid belum terjadi secara optimal pada seluruh indikator. Keterlaksanaan pembelajaran menunjukkan kategori sangat baik, dengan persentase sebesar 92% pada pertemuan pertama dan 94% pada pertemuan kedua. Respons murid juga berada pada kategori sangat baik dengan rata-rata persentase sebesar 81,17%. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan VR dapat diterima dengan baik oleh murid, terutama dalam meningkatkan ketertarikan, membantu pemahaman konsep, serta memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret pada materi ekosistem.

Penelitian ini memberikan kontribusi bagi bidang pendidikan IPA, khususnya dalam pengembangan pembelajaran berbasis inkuiri yang terintegrasi dengan teknologi imersif. Secara praktis, guru IPA dapat memanfaatkan media VR sebagai alternatif untuk menghadirkan pengalaman observasi ketika pembelajaran langsung di lapangan sulit dilakukan. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan pada waktu pelaksanaan yang relatif singkat, kendala teknis penggunaan VR, serta perbedaan kemampuan awal murid. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan dilakukan dalam waktu yang lebih panjang, disertai pengenalan awal penggunaan VR, serta penyusunan instrumen literasi sains yang lebih ringkas namun tetap mencakup seluruh indikator yang diperlukan.

Acknowledgment

-

Daftar Pustaka

- Aiman, U., Hasyda, S., & Uslan. (2020). The influence of process oriented guided inquiry learning (POGIL) model assisted by realia media to improve scientific literacy and critical thinking skill of primary school students. *European Journal of Educational Research*, 9(4), 1635–1647. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.9.4.1635>
- Amelia, M., Tawil, M., & Arsyad, A. A. (2023). Deskripsi kemampuan literasi sains aspek kompetensi peserta didik. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 3(2), 80–84. <https://doi.org/10.62388/jpdp.v3i2.328>
- Angriani, D., Thahir, I., & Rahim, F. (2025). Pengaruh penerapan teknologi virtual reality dalam model pembelajaran inkuiri terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa SMA Muhammadiyah 4 Makassar. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(3), 400–416. <https://doi.org/10.23969/jp.v10i03.30521>
- Arbadilah, A., Juliyanto, E., & Dewantari, N. (2025). Efektivitas model pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan Powtoon untuk meningkatkan kemampuan literasi sains pada materi zat dan perubahannya. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 13(2), 431–443. <https://doi.org/10.21831/jpms.v13i2.90153>
- Artayasa, I. P., Merta, I. W., & Hadiprayitno, G. (2021). The effects of guided inquiry learning with the assistance of concept maps on students' scientific literacy. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(2), 262–268. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i2.692>
- Azmi, M. N., Mansur, H., & Utama, A. H. (2024). Potensi pemanfaatan virtual reality sebagai media pembelajaran di era digital. *Jurnal Dimensi Pendidikan dan Pembelajaran*, 12(1), 211–226. <https://doi.org/10.24269/dpp.v12i1.9746>
- Azzahra, N. (2024). Menggali potensi model inkuiri terbimbing dalam membentuk kemampuan

- berpikir kritis peserta didik pada pembelajaran biologi. *Papanda Journal of Mathematics and Sciences Research*, 3(2), 81–89. <https://doi.org/10.56916/pjmsr.v3i2.859>
- Brockbank, E., & Walker, C. M. (2022). Explanation impacts hypothesis generation, but not evaluation, during learning. *Cognition*, 225, Article 105100. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2022.105100>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Faizin, A., Susantini, E., & Raharjo. (2024). Application of a guided inquiry learning model to improve students' scientific literacy skills. *International Journal of Recent Educational Research*, 5(2), 490–503. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v5i2.573>
- Feriyanti, Y. G., & Arsyad, M. (2025). Penggunaan model pembelajaran inkuiri untuk mendorong keaktifan siswa dalam proses belajar. *Jurnal Pendidikan dan Keguruan*, 2(1), 159–178. <https://doi.org/10.63424/ahsanitaqwim.v2i1.202>
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th ed.). McGraw Hill.
- Gaghunting, M. K., & Bermuli, J. E. (2023). Strategi partisipatif untuk meningkatkan keterlibatan siswa pada pembelajaran biologi. *Biodik: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 9(3), 86–101. <https://doi.org/10.22437/biodik.v9i3.15746>
- Ghazy, A. C., Ghozali, & Wibowo, K. A. (2025). Transformasi pendidikan: Pengembangan metodologi dan media pembelajaran di era digital. *Action Research Journal Indonesia*, 7(4), 2975–2997. <https://doi.org/10.61227/arji.v7i4.594>
- Hakim, A., Sahmadesti, & Hadisaputra, S. (2020). Promoting students' argumentation skill through development science teaching materials based on guided inquiry models. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(4), Article 042117. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042117>
- Harahap, Y. A., Nasution, R. P., & Amir, A. (2025). Peran ukuran pemusatan dan penyebaran data dalam analisis statistika. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(4), 2548–6950. <https://doi.org/10.23969/jp.v10i04.38955>
- Hasanah, M., & Nurita, T. (2021). Respons siswa terhadap penerapan pembelajaran inkuiri terbimbing pada materi kalor dan perpindahannya. *Pensa E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 9(2), 154–158. <https://doi.org/10.26740/pensa.v9i2.37109>
- Hemtasin, C., See-onjan, C., & Payoungkiattikun, W. (2026). Designing a phenomenon-based learning boxset to foster scientific literacy in under-resourced schools. *Social Sciences & Humanities Open*, 13, Article 102601. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2026.102601>
- Hidayat, L., Sudarmin, Febriyanto, H., Eralia, N., & Sunardi. (2024). Development of ethno-vlog media and virtual reality (VR) Teh Oyol ecology and biodiversity materials to equip students science process skills. *ISEJ: Indonesian Science Education Journal*, 5(3), 107–119. <https://doi.org/10.62159/isej.v5i3.1658>
- Huang, X., & Macgilchrist, F. (2024). A virtual classroom map-based immersive VR learning approach to fostering collaborative learning. *Computers & Education: X Reality*, 5, Article 100088. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2024.100088>
- Kahar, M. S., Susilo, Abdullah, D., & Oktaviany, V. (2022). The effectiveness of the integrated

- inquiry guided model STEM on students scientific literacy abilities. *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications*, 13(1), 1667–1672. <https://doi.org/10.22075/ijnaa.2022.5782>
- Khery, Y., Sarjan, M., Ahzan, S., & Efendi, I. (2022). Konseptualisasi literasi sains mengacu pada kerangka sains PISA sejak tahun 2000. *Empiricism Journal*, 2(4), 200–231. <https://doi.org/10.36312/ejiip.v2i4.117>
- Khoirunnisa, A. (2023). Pengaruh model problem based learning (PBL) terhadap hasil belajar siswa sekolah dasar. *Jurnal Kajian dan Penelitian Umum*, 1(4), 62–70. <https://doi.org/10.47861/jkpu-nalanda.v1i4.364>
- Ladjidji, D. A. P., Sudarmin, Kurniawan, C., Ramashani, D. G., Yulianto, A. A., Massora, K., & Widastra, H. (2024). Development of virtual reality-based Ethno-SDGs learning media on colloid material to improve students' chemical literacy. *International Journal of Active Learning*, 9(2), 91–103. <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/ijal>
- Maryam, N. O., Handayani, B. S., Lestari, T. A., & Setiadi, D. (2025). Pengaruh model SrVER berbantuan media virtual reality (VR) terhadap hasil belajar biologi peserta didik kelas X SMAN 3 Mataram. *Journal of Classroom Action Research*, 7(Special Issue), 381–387. <https://doi.org/10.29303/jcar.v7iSpecialIssue.10743>
- Murdani, E., Alpina, W., & Wirawan, G. (2024). Pengaruh model pembelajaran inquiry terbimbing berbantuan media diorama terhadap kemampuan literasi sains siswa kelas V. *Jurnal Educatio*, 10(4), 1253–1260. <https://doi.org/10.31949/educatio.v10i4.9524>
- Nihwan, M. T., & Widodo, W. (2020). Penerapan modul IPA berbasis etnosains untuk meningkatkan kemampuan literasi sains siswa SMP. *Pensa E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 8(3), 288–298. <https://doi.org/10.26740/pensa.v8i3.38404>
- Nurillahi, N. D., Sukarso, A. A., Rasmi, D. A. C., & Jufri, A. W. (2024). Pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing terintegrasi REACT terhadap keterampilan proses sains dan literasi sains siswa. *Journal of Classroom Action Research*, 6(3), 504–513. <https://doi.org/10.29303/jcar.v6i3.8540>
- Nurjamilah, Rizki, S. A., Bik, M. T. N., & Susanti, E. (2025). Teori belajar konstruktivisme dalam pembelajaran. *Pediaqu: Jurnal Pendidikan Sosial dan Humaniora*, 4(4), 6867–6882. <https://publisherqu.com/index.php/pediaqu/article/view/3075>
- Nurmalasari, Radiah, Rahmawati, & Darmaniar. (2024). Penerapan pembelajaran kontekstual berbasis demonstrasi dalam meningkatkan hasil belajar IPA dan kemampuan literasi sains siswa. *Cokroaminoto Journal of Primary Education*, 7(2), 2654–6426. <https://doi.org/10.30605/cjpe.7.2.2024.4730>
- Nurmaya, Y., Susilawati, S., Zuhdi, M., & Hikmawati, H. (2021). Pengembangan perangkat pembelajaran model inkuiri terbimbing pada materi alat-alat optik untuk meningkatkan penguasaan konsep fisika. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 7(1), 147–154. <https://doi.org/10.31764/orbita.v7i1.3835>
- OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Oktaviani, N., & Faizah, U. N. (2024). The effect of science literacy skills to contextual thinking skills on science literacy-based learning. *Integrative Science Education and Teaching Activity Journal*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.21154/insecta.v5i1.8852>

- Plomp, T., & Nieveen, N. M. (2010). *An introduction to educational design research*. SLO Netherlands Institute for Curriculum Development. <https://research.utwente.nl/en/publications/an-introduction-to-educational-design-research>
- Pramana, P. M. A., Suarni, N. K., & Margunayasa, I. G. (2024). Relevansi teori belajar konstruktivisme dengan model inkuiri terbimbing terhadap hasil belajar siswa. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 9(2), 487–493. <https://doi.org/10.51169/ideguru.v9i2.875>
- Prawito, B. A. (2022). Penerapan metode demonstrasi dan media pembelajaran (alat peraga IPA) untuk meningkatkan hasil belajar siswa. *Jurnal Literasi Digital*, 2(2), 132–138. <https://doi.org/10.54065/jld.2.2.2022.187>
- Putra, D. P., & Bancong, H. (2024). Analisis kemampuan ICT literacy terhadap hasil belajar materi tata surya pada siswa SMPN 4 Sungguminasa. *Jurnal Literasi Digital*, 4(1), 51–63. <https://doi.org/10.54065/jld.4.1.2024.454>
- Rahmawati, Y. P., Handayani, A., & Rakhmawati, D. (2024). Efektivitas penggunaan media virtual reality dalam pembelajaran sains. *PAUDIA: Jurnal Penelitian dalam Bidang Pendidikan Anak Usia Dini*, 13(2), 325–333. <https://doi.org/10.26877/paudia.v13i2.766>
- Rakrak, M. (2025). Exploring variability in data: The role of range, variance, and standard deviation. *International Journal of Multidisciplinary Research and Analysis*, 8(3), 1327–1331. <https://doi.org/10.47191/ijmra/v8-i03-47>
- Salamah, U., & Fauziah, A. N. M. (2025). Implementasi inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik SMP pada materi IPA. *Edu-Sains*, 14(1), 36–47. <https://doi.org/10.22437/jmpmipa.v14i1.40217>
- Shaffer, J. F., Ferguson, J., & Denaro, K. (2019). Use of the test of scientific literacy skills reveals that fundamental literacy is an important contributor to scientific literacy. *CBE—Life Sciences Education*, 18(3), 1–10. <https://doi.org/10.1187/cbe.18-12-0238>
- Sholihah, R. N., & Supriatno, B. (2023). Implementation of personal digital inquiry assisted by infographics to increase science literacy in ecosystem materials. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(8), 5927–5934. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i8.3917>
- Solikhah, M., & Novita, D. (2022). The effectiveness of the guided inquiries learning model on the critical thinking ability of students. *Jurnal Pijar MIPA*, 17(2), 184–191. <https://doi.org/10.29303/jpm.v17i2.3276>
- Sugiyono. (2022). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D* (Edisi ke-2). Alfabeta.
- Suri, P. A., Syahputra, M. E., Amany, A. S. H., & Djafar, A. (2023). Systematic literature review: The use of virtual reality as a learning media. *Procedia Computer Science*, 216, 245–251. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.133>
- Susilana, R., Dewi, L., & Rullyana, G. (2024). Exploring student perceptions of virtual learning experiences: A study of the use of the Spatial.io 3D metaverse platform. *Journal of Education Technology*, 8(4), 673–683. <https://doi.org/10.23887/jet.v8i4.85190>
- Sutrisna, N. (2021). Analisis kemampuan literasi sains peserta didik SMA di Kota Sungai Penuh. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(12), 2683–2693. <https://doi.org/10.47492/jip.v1i12.530>
- Tamba, A. J. V., Amarsya, M. M., Nadilla, P., Wulandari, S., & Risaundi, D. D. (2026). Meta-analisis: Efektivitas media virtual reality terhadap literasi sains siswa pada pembelajaran

- biologi. *Indonesian Journal of Innovation Multidisipliner Research*, 4(2), 136–147. <https://doi.org/10.69693/ijim.v4i2.461>
- Turiman, P., Omar, J., Daud, A. M., & Osman, K. (2012). Fostering the 21st century skills through scientific literacy and science process skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 59, 110–116. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.253>
- Wen, C. T., Liu, C. C., Chang, H. Y., Chang, C. J., Chang, M. H., Chiang, S. H. F., & Yang, C. W. (2020). Students' guided inquiry with simulation and its relation to school science achievement and scientific literacy. *Computers & Education*, 149, Article 103830. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103830>
- Widayati, W. (2021). Penerapan model pembelajaran discovery inquiry berbasis Google Workspace for Education untuk meningkatkan hasil belajar IPA. *Jurnal Literasi Digital*, 1(3), 216–223. <https://doi.org/10.54065/jld.1.3.2021.58>
- Widyasari, A., & Hermanto. (2023). The effect of cognitive ability in problem-based learning on science literacy ability of grade 4 elementary school students. *Al-Ishlah: Jurnal Pendidikan*, 15(1), 719–728. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v15i1.1612>
- Wulandari, K. D., Wardah, A., Syarifah, L., & Bakar, M. Y. A. (2024). Optimalisasi pembelajaran melalui pemahaman kemampuan awal peserta didik. *Jurnal Sains Student Research*, 2(6), 34–45. <https://doi.org/10.61722/jssr.v2i6.2902>
- Ye, X., Yang, J., & Huang, X. (2025). Transforming communication skills in music education: A cross-cultural study of virtual reality training in the 21st century. *Acta Psychologica*, 261, Article 105800. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105800>
- Yuliawati, F., Sulistyowati, E., Ekantini, A., & Wijayanti, I. D. (2024). Increasing students' scientific literacy competence through a STEM-based PjBL learning model: A case study of an ecosystem project. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(12), 10538–10546. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i11.6874>
- Zhang, L., & Ma, Y. (2023). A study of the impact of project-based learning on student learning effects: A meta-analysis study. *Frontiers in Psychology*, 14, Article 1202728. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1202728>