Biocaster : Jurnal Kajian Biologi
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2224-2238
Email: biocasterjournal@gmail.com

PENGARUH INKUIRI TERBIMBING BERBANTUAN *VIRTUAL LAB* TERHADAP KETERAMPILAN PROSES SAINS DAN LITERASI DIGITAL MATERI BIOTEKNOLOGI

Netania Kasih Riessandra Harefa[1] & Selvia Dewi Pohan[2]*
[1&2]Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Jalan William Iskandar Ps. V, Deli Serdang, Sumatera Utara 20221, Indonesia
**Email: selviadewipohan@unimed.ac.id*
Submit: 27-06-2026; Accepted: 07-07-2026; Published: 29-10-2026

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan *virtual lab* terhadap Keterampilan Proses Sains (KPS) dan literasi digital peserta didik kelas X pada materi bioteknologi serta hubungan antara kedua variabel tersebut. Metode yang digunakan adalah kuasi eksperimen dengan desain *pretest-posttest control group* yang melibatkan 67 peserta didik SMA Negeri 1 Batang Kuis, terdiri atas kelas eksperimen (n=34) dan kelas kontrol (n=33) yang dipilih melalui *cluster random sampling*. Data KPS diperoleh melalui tes esai dan observasi, sedangkan literasi digital diukur menggunakan kuesioner skala *Likert*. Analisis data meliputi uji *Shapiro-Wilk*, *Levene*, *independent sample t-test*, dan korelasi *pearson product moment*. Hasil menunjukkan bahwa rata-rata *posttest* keterampilan proses sains kelas eksperimen (90,24) lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (62,94) dengan signifikansi <0,01. Rata-rata literasi digital kelas eksperimen (87,02) juga melampaui kelas kontrol (75,00) dengan signifikansi <0,01. Terdapat juga korelasi positif yang sangat kuat antara keterampilan proses sains dan literasi digital (r=0,807; p<0,001). Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan *virtual lab* dalam pembelajaran inkuiri terbimbing efektif dalam meningkatkan kompetensi ilmiah dan digital peserta didik secara simultan.

Kata Kunci: Bioteknologi, Inkuiri Terbimbing, Keterampilan Proses Sains, Literasi Digital, *Virtual Lab*.

ABSTRACT: *This study aims to examine the effect of guided inquiry learning model assisted by virtual lab on Science Process Skills (SPS) and digital literacy of grade X students on biotechnology material and the relationship between the two variables. The method used was a quasi-experimental with a pretest-posttest control group design involving 67 students of SMA Negeri 1 Batang Kuis, consisting of an experimental class (n=34) and a control class (n=33) selected through cluster random sampling. SPS data were obtained through essay tests and observations, while digital literacy was measured using a Likert scale questionnaire. Data analysis included the Shapiro-Wilk test, Levene test, independent sample t-test, and Pearson product moment correlation. The results showed that the average posttest of the science process skills of the experimental class (90.24) was higher than the control class (62.94) with a significance of <0.01. The average digital literacy of the experimental class (87.02) also exceeded the control class (75.00) with a significance of <0.01. There was also a very strong positive correlation between science process skills and digital literacy (r=0.807; p<0.001). These results indicate that the use of virtual labs in guided inquiry learning is effective in simultaneously improving students' scientific and digital competencies.*

Keywords: *Biotechnology, Guided Inquiry, Science Process Skills, Digital Literacy, Virtual Lab.*

How to Cite: Harefa, N. K. R., & Pohan, S. D. (2026). Pengaruh Inkuiri Terbimbing Berbantuan *Virtual Lab* terhadap Keterampilan Proses Sains dan Literasi Digital Materi Bioteknologi. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi, 6*(4), 2224-2238. https://doi.org/10.36312/biocaster.v6i4.1719

Biocaster : Jurnal Kajian Biologi
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2224-2238
Email: biocasterjournal@gmail.com

Biocaster : Jurnal Kajian Biologi *is Licensed Under a CC BY-SA Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License*.

PENDAHULUAN

Era pendidikan abad ke-21 menuntut proses pembelajaran yang tidak lagi berfokus semata-mata pada penguasaan materi, tetapi juga diarahkan pada pengembangan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kemampuan bekerja sama, serta kecakapan dalam memanfaatkan teknologi secara optimal. Dalam pendidikan sains modern, penguasaan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, serta pemanfaatan teknologi digital secara terpadu menjadi kompetensi esensial yang harus dimiliki oleh peserta didik (Wulandari *et al.*, 2025). Di Indonesia, implementasi prinsip tersebut tercermin dalam Kurikulum Merdeka yang memfokuskan pada pembelajaran.

Kondisi ini menjadikan literasi digital sebagai kompetensi yang sangat penting, yang mencakup kemampuan memperoleh, menelaah, mengevaluasi, serta memanfaatkan informasi digital secara efektif dan bertanggung jawab (Lifire & Rosana, 2023). Meskipun demikian, survei Katadata Insight Center (2021) menunjukkan bahwa tingkat literasi digital nasional masih berada pada kategori sedang dengan indeks sebesar 3,47, sementara aspek literasi informasi dan data tercatat sebagai subindeks dengan capaian paling rendah.

Selain literasi digital, Keterampilan Proses Sains (KPS) menjadi salah satu kompetensi esensial yang perlu dimiliki peserta didik dalam pembelajaran sains abad ke-21. Kompetensi ini mencakup berbagai kemampuan ilmiah, seperti melakukan observasi, mengidentifikasi dan merumuskan permasalahan, melaksanakan eksperimen, mengolah serta menganalisis data, hingga menyampaikan hasil temuan secara sistematis (Hartati *et al*., 2022). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran yang memanfaatkan kegiatan laboratorium mampu meningkatkan partisipasi aktif peserta didik dalam menjalankan proses ilmiah secara lebih bermakna (Restudila *et al.*, 2025).

Materi bioteknologi dipilih sebagai fokus penelitian karena memiliki karakteristik yang kompleks dan banyak melibatkan objek atau proses yang bersifat mikroskopis, seperti fermentasi, produksi bioplastik, bioremediasi, dan kultur jaringan. Karakteristik tersebut menyebabkan berbagai konsep dalam bioteknologi sulit diamati secara langsung melalui praktikum pada laboratorium konvensional. Oleh karena itu, materi ini sangat sesuai diajarkan menggunakan pendekatan investigatif yang didukung simulasi digital. Penelitian Pavitasari *et al*. (2025) memperkuat hal tersebut dengan menunjukkan bahwa penggunaan *virtual lab* pada materi bioteknologi memiliki tingkat kelayakan yang sangat tinggi, yang ditunjukkan oleh persentase keterbacaan sebesar 96% berdasarkan penilaian guru dan 99% berdasarkan penilaian peserta didik.

Permasalahan empiris di SMA Negeri 1 Batang Kuis menunjukkan bahwa pemanfaatan laboratorium masih belum optimal akibat keterbatasan alat, bahan, waktu, dan ruang, sehingga pengembangan keterampilan proses sains peserta didik belum maksimal. Hasil angket awal terhadap 25 peserta didik juga menunjukkan bahwa 55% responden mengalami kesulitan dalam menganalisis

Biocaster : Jurnal Kajian Biologi
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2224-2238
Email: biocasterjournal@gmail.com

dan mengevaluasi informasi digital terkait materi bioteknologi. Hasil penelitian tersebut selaras dengan temuan Oktavia (2021), yang mengungkapkan bahwa tingkat literasi digital peserta didik di SMA Negeri 1 Kuala masih tergolong rendah, dengan persentase sebesar 35,5%. Temuan ini mengindikasikan bahwa kemampuan peserta didik dalam memanfaatkan teknologi digital untuk mendukung proses pembelajaran belum berkembang secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan penerapan model pembelajaran yang inovatif dan berorientasi pada peserta didik, sehingga mampu memfasilitasi pengembangan keterampilan proses sains dan literasi digital secara terpadu serta berkesinambungan.

Model inkuiri terbimbing dinilai mampu mengatasi permasalahan tersebut karena melibatkan peserta didik secara aktif dalam merumuskan masalah, melakukan observasi, mengajukan hipotesis, mengumpulkan dan menganalisis data, serta menarik simpulan berdasarkan bukti ilmiah dengan bimbingan guru yang terstruktur (Yunita & Martini, 2025). Melalui tahapan pembelajaran yang sistematis, model ini memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengembangkan berbagai aspek Keterampilan Proses Sains (KPS) secara bertahap, mulai dari keterampilan dasar hingga keterampilan terintegrasi. Pemilihan model inkuiri terbimbing juga didasarkan pada karakteristik pembelajarannya yang menekankan proses penyelidikan ilmiah, sehingga relevan untuk melatih kemampuan peserta didik dalam memperoleh dan mengolah informasi berdasarkan bukti empiris.

Model *Problem Based Learning* (PBL) digunakan sebagai model pembanding pada kelas kontrol karena kedua model tersebut sama-sama berorientasi pada pembelajaran aktif dan pemecahan masalah. Namun, terdapat perbedaan penekanan dalam proses pembelajarannya. PBL lebih berfokus pada kemampuan peserta didik dalam mengidentifikasi dan memecahkan permasalahan melalui kegiatan diskusi dan investigasi, sedangkan inkuiri terbimbing lebih menekankan keterlibatan peserta didik dalam melakukan penyelidikan ilmiah secara sistematis melalui perumusan masalah, penyusunan hipotesis, pengumpulan data, analisis, dan penarikan simpulan dengan arahan guru. Integrasi *virtual lab* dalam pembelajaran inkuiri terbimbing memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk melakukan eksperimen dan simulasi secara *virtual* tanpa terlalu bergantung pada ketersediaan alat dan bahan praktikum, keterbatasan waktu, maupun kondisi keamanan laboratorium. Penggunaan *virtual lab* juga berpotensi meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan sains, motivasi, dan keterlibatan belajar peserta didik (Fachmi *et al.*, 2023).

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji penerapan *virtual laboratory* dan model inkuiri dalam pembelajaran sains. Cahyaningrum *et al.* (2020) menemukan bahwa praktikum berbasis *guided inquiry* berbantuan *virtual laboratory* berpengaruh signifikan terhadap KPS pada materi asam-basa (t_{hitung} 2,15 > t_{tabel} 1,67). Aras *et al*. (2023) melaporkan hubungan positif yang kuat antara literasi digital dan *science process skills* pada materi sistem ekskresi (r=0,796; p=0,000). Alatas & Sakina (2019) menunjukkan bahwa *guided discovery* berbantuan *virtual lab* meningkatkan KPS dan sikap ilmiah pada berbagai tingkat IQ, dengan aspek bertanya meningkat paling tinggi dan aspek berhipotesis paling rendah. Agushesa & Prastiwi (2024) membuktikan pengaruh

Biocaster : Jurnal Kajian Biologi
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2224-2238
Email: biocasterjournal@gmail.com

signifikan *virtual laboratory* terhadap literasi saintifik pada materi evolusi (t_{hitung} 4,810 > t_{tabel} 2,101; p<0,05). Siboro & Susianna (2024) menerapkan inkuiri terbimbing melalui penelitian tindakan kelas dan menemukan peningkatan bertahap pada literasi digital (67-75-84) sepanjang tiga siklus. Simatupang *et al.* (2024) menunjukkan bahwa *argument driven inquiry* berbantuan *virtual laboratory* meningkatkan literasi sains dan literasi digital mahasiswa, dengan *N-gain* 0,81 (tinggi) dibandingkan 0,52 (sedang) pada kelas konvensional. Purwati *et al*. (2025) melaporkan efektivitas laboratorium virtual IPA terhadap KPS peserta didik pada materi suhu dan kalor (p=0,000).

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan penelitian dirumuskan sebagai berikut: 1) apakah model inkuiri terbimbing berbantuan *virtual lab* berpengaruh terhadap keterampilan proses sains peserta didik kelas X pada materi bioteknologi; 2) apakah model tersebut berpengaruh terhadap literasi digital peserta didik; dan 3) apakah terdapat korelasi antara keterampilan proses sains dan literasi digital pada materi bioteknologi. Hipotesis penelitian dirumuskan sebagai H0 1: tidak terdapat pengaruh model terhadap KPS; Ha 1: terdapat pengaruh model terhadap KPS; H0 2: tidak terdapat pengaruh model terhadap literasi digital; Ha 2: terdapat pengaruh model terhadap literasi digital; H0 3: tidak terdapat korelasi antara KPS dan literasi digital, serta Ha 3: terdapat korelasi antara KPS dan literasi digital.

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) menganalisis pengaruh model inkuiri terbimbing berbantuan *virtual lab* terhadap keterampilan proses sains peserta didik kelas X pada materi bioteknologi; 2) menganalisis pengaruh model tersebut terhadap literasi digital peserta didik; dan 3) menganalisis korelasi antara keterampilan proses sains dan literasi digital peserta didik pada materi bioteknologi di SMA Negeri 1 Batang Kuis.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuasi eksperimen (*quasi experimental*) dengan rancangan *pretest-posttest control group design.* Desain tersebut melibatkan dua kelompok penelitian, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, yang digunakan untuk membandingkan pengaruh perlakuan yang diberikan terhadap variabel yang diteliti. Melalui pemberian *pretest* dan *posttest* pada kedua kelompok, perubahan hasil belajar atau kemampuan peserta didik setelah perlakuan dapat dianalisis secara lebih objektif. Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 1 Batang Kuis, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara, pada periode April hingga Juli 2026. Rancangan penelitian yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Desain Penelitian *Pretest-Posttest Control Group*.

Kelas	*Pretest*	Perlakuan	*Posttest*
Eksperimen	O1	X1	O2
Kontrol	O3	-	O4

Keterangan: O1, O3= Nilai *pretest* sebelum perlakuan; O2= Nilai *posttest* kelas eksperimen (model inkuiri terbimbing berbantuan *virtual lab*); O4= Nilai *posttest* kelas kontrol; X1= Perlakuan model inkuiri terbimbing; dan (-)= Pembelajaran konvensional/ *problem based learning* tanpa *virtual lab*.

Biocaster : Jurnal Kajian Biologi
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2224-2238
Email: biocasterjournal@gmail.com

Penelitian ini melibatkan seluruh peserta didik kelas X SMA Negeri 1 Batang Kuis tahun ajaran 2025/2026 sebagai populasi penelitian, dengan jumlah keseluruhan 324 peserta didik yang terbagi ke dalam sembilan kelas. Sampel dipilih melalui teknik *cluster random sampling*, yang menghasilkan kelas X-G sebagai kelompok eksperimen (34 peserta didik) yang mendapatkan perlakuan berupa pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan *virtual lab*, serta kelas X-F sebagai kelompok kontrol (33 peserta didik) yang mengikuti pembelajaran *problem based learning* tanpa penggunaan *virtual lab*. Adapun variabel *independen* penelitian adalah model pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan *virtual lab*, sedangkan keterampilan proses sains dan literasi digital berperan sebagai variabel *dependen*.

Instrumen Penelitian

Data keterampilan proses sains dikumpulkan melalui tes esai yang dikembangkan berdasarkan tujuh dari sepuluh komponen KPS menurut Rustaman *et al.* (2005), yaitu mengamati, mengajukan pertanyaan, berhipotesis, mengklasifikasikan, merencanakan percobaan, menginterpretasikan data, dan berkomunikasi. Pemilihan ketujuh komponen tersebut didasarkan pada kesesuaiannya dengan tujuan penelitian, karakteristik materi pembelajaran, serta aktivitas pembelajaran yang diterapkan melalui model inkuiri terbimbing berbantuan *virtual lab*. Sedangkan tiga komponen lainnya tidak diukur karena tidak menjadi fokus pengukuran dalam penelitian ini dan kurang sesuai dengan indikator yang dioperasionalkan melalui tes esai. Instrumen tes KPS terdiri atas 15 soal yang telah dinyatakan valid. Data pendukung KPS diperoleh melalui lembar observasi pada setiap pertemuan.

Data literasi digital dikumpulkan melalui kuesioner skala *Likert* berisi 25 pernyataan yang disusun berdasarkan delapan komponen literasi digital menurut Hague & Payton (2010) sebagaimana diadaptasi oleh Dinata (2021), meliputi *functional skill and beyond*, *creativity*, *collaboration*, *communication*, kemampuan mencari dan menyeleksi informasi, *critical thinking and evaluation*, pemahaman sosial-budaya, dan *e-safety*. Setiap pernyataan dirancang untuk mengukur tingkat penguasaan peserta didik terhadap masing-masing komponen literasi digital berdasarkan indikator yang telah ditetapkan.

Sebelum digunakan, kedua instrumen divalidasi oleh ahli dan diujicobakan pada kelas *non*-sampel (36 peserta didik). Uji validitas butir menggunakan korelasi *product moment* (Arikunto, 2018) menghasilkan 29 dari 30 butir soal KPS valid dan 25 dari 30 pernyataan kuesioner literasi digital valid. Reliabilitas instrumen dihitung menggunakan koefisien *Cronbach's Alpha* berbantuan SPSS versi 29, dengan kriteria reliabel apabila nilai lebih besar atau sama dengan 0,60 (Soesana *et al.*, 2023), sebagaimana dirangkum pada Tabel 2.

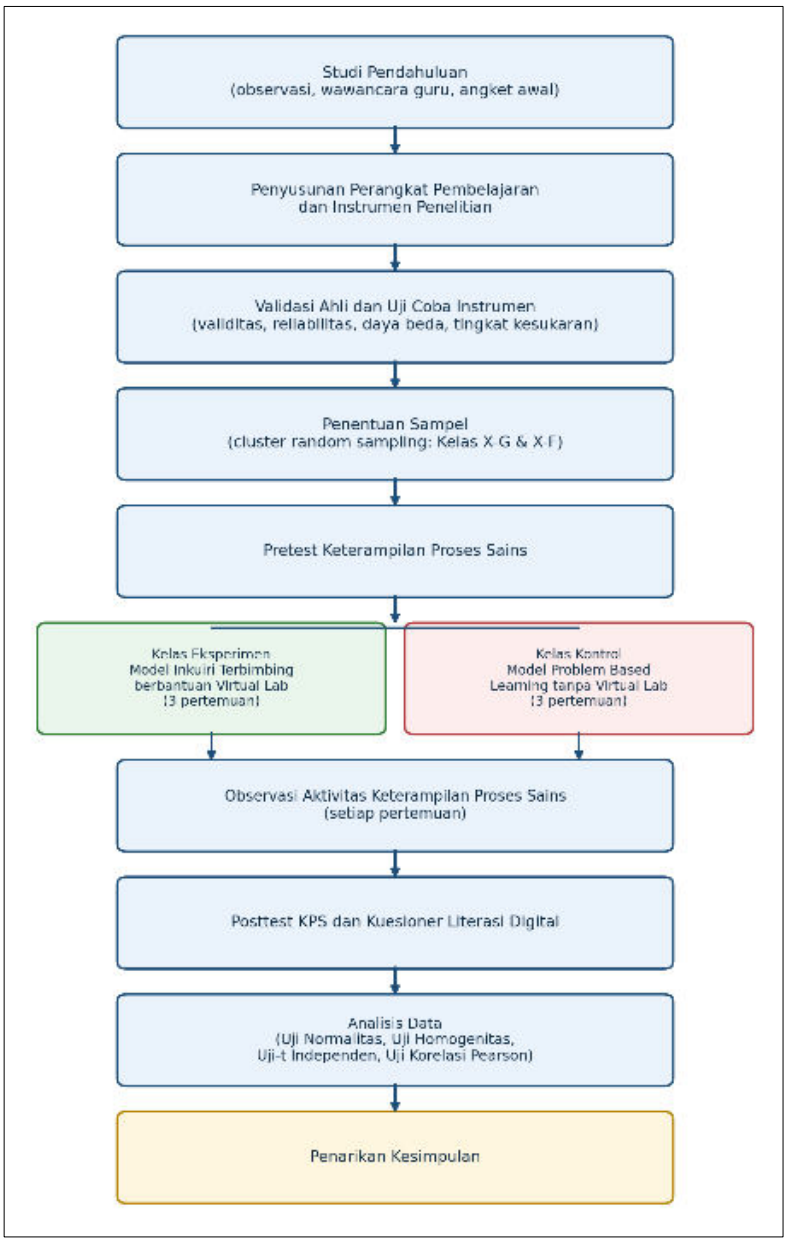
Tabel 2. Ringkasan Hasil Uji Coba Instrumen Penelitian.

Instrumen	Jumlah Butir yang Diujikan	Butir Valid	*Cronbach's Alpha*	Kategori
Tes Esai KPS	30	29	0,949	Reliabel (Sangat Tinggi)
Kuesioner Literasi Digital	30	25	0,921	Reliabel (Sangat Tinggi)

Biocaster : Jurnal Kajian Biologi
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2224-2238
Email: biocasterjournal@gmail.com

Prosedur dan Teknik Analisis Data

Secara umum, penelitian ini terdiri atas tiga tahapan, yakni tahap persiapan sebagai tahap awal (penyusunan perangkat pembelajaran, pengembangan dan validasi instrumen, serta penentuan sampel), tahap pelaksanaan (*pretest*, pembelajaran tiga pertemuan dengan topik bioplastik, bioremediasi, dan kultur jaringan, serta *posttest*), dan tahap analisis data. Pada kelas eksperimen, setiap pertemuan menerapkan enam tahap inkuiri terbimbing, yaitu orientasi, perumusan masalah, penyusunan hipotesis, pengumpulan data melalui simulasi *virtual lab*, analisis data, dan penarikan simpulan (Nulhakim *et al.*, 2022). Kelas kontrol mengikuti tahapan *problem based learning* tanpa bantuan *virtual lab* pada materi yang sama. Alur penelitian secara keseluruhan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian.

Biocaster : Jurnal Kajian Biologi
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2224-2238
Email: biocasterjournal@gmail.com

Data dianalisis menggunakan statistik parametrik dengan bantuan SPSS versi 29. Uji prasyarat meliputi uji normalitas *Shapiro-Wilk* pada taraf signifikansi 0,05, dengan kriteria data berdistribusi normal apabila nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 (Nuryadi *et al*., 2017), serta uji homogenitas varians menggunakan *Levene's Test*, dengan kriteria data homogen apabila signifikansi lebih besar dari 0,05. Pengujian hipotesis pertama dan kedua dilakukan menggunakan *independent sample t-test* dua pihak pada taraf signifikansi 0,05 untuk membandingkan rata-rata Keterampilan Proses Sains (KPS) dan literasi digital antara kelas eksperimen dan kelas kontrol (Nuryadi *et al.*, 2017). Keputusan pengujian ditetapkan dengan menolak H0 apabila nilai signifikansi yang diperoleh kurang dari 0,05. Sedangkan hipotesis ketiga dianalisis menggunakan korelasi *pearson product moment* (Arikunto, 2018) untuk mengidentifikasi arah serta tingkat kekuatan hubungan antara KPS dan literasi digital. Interpretasi nilai koefisien korelasi mengacu pada kategori yang dikemukakan oleh Sugiyono (2019), yaitu 0,00 (tidak berkorelasi), 0,01-0,199 (sangat rendah), 0,20-0,399 (rendah), 0,40-0,599 (sedang), 0,60-0,799 (tinggi), dan 0,80-1,00 (sangat tinggi).

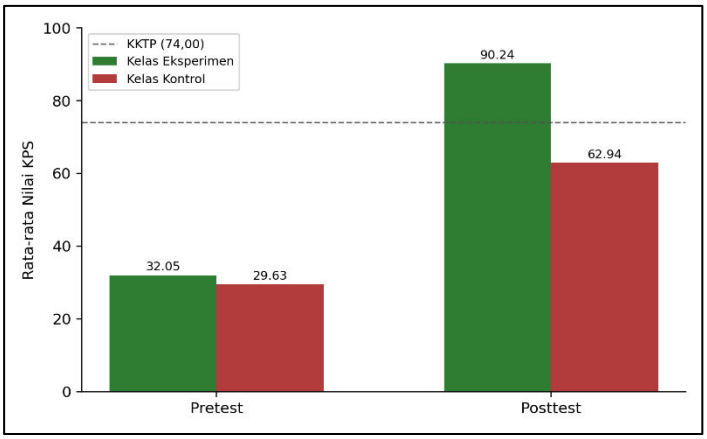
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Model Inkuiri Terbimbing Berbantuan *Virtual Lab* terhadap Keterampilan Proses Sains

Berdasarkan hasil *pretest*, kemampuan awal kedua kelompok tergolong setara dan belum mencapai KKTP (74,00), dengan rata-rata 32,05 pada kelas eksperimen dan 29,63 pada kelas kontrol. Setelah perlakuan diberikan, rata-rata *posttest* kelas eksperimen meningkat menjadi 90,24 dan berhasil melampaui KKTP, sedangkan kelas kontrol hanya mencapai 62,94. Peningkatan (*gain*) yang diperoleh kelas eksperimen sebesar 58,19 poin, hampir dua kali lebih besar dibandingkan kelas kontrol yang meningkat sebesar 30,89 poin. Hasil tersebut dirangkum pada Tabel 3 dan ditampilkan pada Gambar 2.

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai *Pretest* dan *Posttest* Keterampilan Proses Sains.

Kelas	Rata-rata *Pretest*	Rata-rata *Posttest*	Peningkatan (*Gain*)
Eksperimen	32,05	90,24	58,19
Kontrol	29,63	62,94	30,89



Gambar 2. Perbandingan Rata-rata Nilai *Pretest* dan *Posttest* Keterampilan Proses Sains.

Biocaster : Jurnal Kajian Biologi
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2224-2238
Email: biocasterjournal@gmail.com

Sebelum pengujian hipotesis, dilakukan uji prasyarat yang meliputi uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk* pada taraf signifikansi 0,05. Hasil uji normalitas data KPS dan literasi digital kedua kelas disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Normalitas KPS dan Literasi Digital *Shapiro-Wilk*.

Variabel	Data	Kelas	Sig.	Simpulan
KPS	*Pretest*	Eksperimen	0,395	Berdistribusi Normal
		Kontrol	0,361	Berdistribusi Normal
	Posttest	Eksperimen	0,346	Berdistribusi Normal
		Kontrol	0,490	Berdistribusi Normal
Literasi Digital	Kuesioner	Eksperimen	0,249	Berdistribusi Normal
		Kontrol	0,255	Berdistribusi Normal

Seluruh data pada Tabel 4 memiliki nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, sehingga seluruh data KPS maupun literasi digital kedua kelas dinyatakan berdistribusi normal. Selanjutnya, dilakukan uji homogenitas menggunakan *Levene's Test* untuk menguji kesamaan varians antar kelompok. Hasilnya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Homogenitas Data KPS dan Literasi Digital (*Levene's Test*).

Variabel	Data	Kelas	Rata-rata	Sig.	Simpulan
KPS	*Pretest*	Eksperimen	32,05	0,539	Homogen
		Kontrol	29,63		
	Posttest	Eksperimen	90,24	0,740	Homogen
		Kontrol	62,94		
Literasi Digital	Kuesioner	Eksperimen	87,02	0,838	Homogen
		Kontrol	75,00		

Berdasarkan Tabel 5, seluruh nilai signifikansi pada *Levene's Test* menunjukkan angka lebih besar dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa varians data Keterampilan Proses Sains (KPS) dan literasi digital pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol bersifat homogen. Dengan terpenuhinya asumsi normalitas dan homogenitas, pengujian hipotesis selanjutnya dilakukan menggunakan *independent sample t-test*. Ringkasan hasil pengujian hipotesis disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil *Independent Sample t-test* Keterampilan Proses Sains dan Literasi Digital.

Variabel	Kelas	Rata-rata	Sig. (*2-tailed*)	Simpulan
Keterampilan Proses Sains	Eksperimen	90,24	< 0,01	Ha Diterima
	Kontrol	62,94		
Literasi Digital	Eksperimen	87,02	< 0,01	Ha Diterima
	Kontrol	75,00		

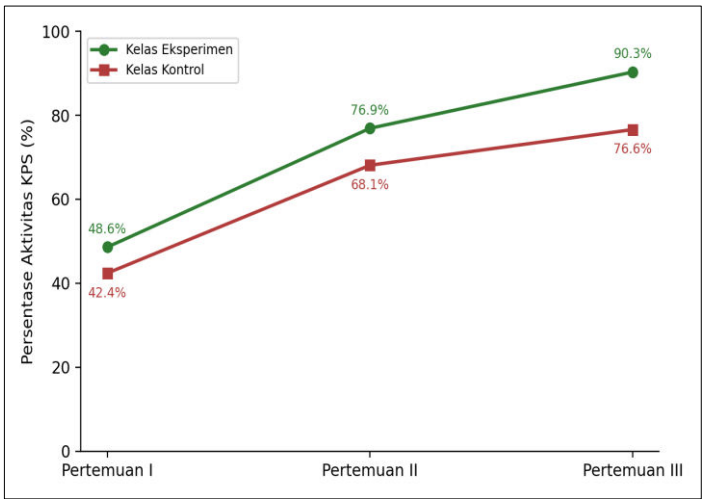
Nilai signifikansi < 0,05 pada kedua variabel menunjukkan bahwa H0 ditolak dan Ha diterima, sehingga terdapat perbedaan signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol pada keterampilan proses sains dan literasi digital. Temuan ini konsisten dengan hasil observasi KPS yang menunjukkan peningkatan pada kedua kelas, dengan laju peningkatan yang lebih tinggi pada kelas

Biocaster : Jurnal Kajian Biologi
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2224-2238
Email: biocasterjournal@gmail.com

eksperimen (Tabel 7 dan Gambar 3). Hasil tersebut mengindikasikan bahwa model pembelajaran yang diterapkan pada kelas eksperimen memberikan hasil yang lebih optimal terhadap pencapaian kedua variabel penelitian.

Tabel 7. Persentase Aktivitas Keterampilan Proses Sains per Pertemuan.

Kelas	Pertemuan I	Pertemuan II	Pertemuan III	Kategori Akhir
Eksperimen	48,6%	76,9%	90,3%	Aktif
Kontrol	42,4%	68,1%	76,6%	Cukup Aktif



Gambar 3. Tren Aktivitas Keterampilan Proses Sains Kelas Eksperimen dan Kontrol.

Tujuh aspek KPS yang diamati di kelas eksperimen menunjukkan bahwa aspek mengamati memperoleh capaian rata-rata tertinggi (76,37%), diikuti berkomunikasi (74,60%), mengklasifikasikan (73,50%), berhipotesis (72,07%), mengajukan pertanyaan (70,07%), merencanakan percobaan (69,07%), dan interpretasi data (68,20%) sebagai capaian terendah. Pola ini sejalan dengan temuan Alatas & Sakina (2019), yang melaporkan bahwa kemampuan berhipotesis berkembang lebih lambat dibandingkan kemampuan mengajukan pertanyaan dalam pembelajaran berbantuan *virtual lab*.

Temuan ini secara saintifik dapat dijelaskan melalui teori konstruktivisme yang mendasari model inkuiri terbimbing. Menurut Piaget (dalam Pakpahan & Saragih, 2022), pemahaman konseptual terbentuk melalui aktivitas eksplorasi aktif peserta didik. Pada penelitian ini, setiap tahap inkuiri memfasilitasi proses asimilasi dan akomodasi, terutama ketika hasil simulasi *virtual lab* tidak sesuai dengan hipotesis awal sehingga memunculkan kondisi *disequilibrium* yang mendorong pembentukan pemahaman baru.

Scaffolding bertahap dari guru pada setiap tahap penyelidikan juga sejalan dengan konsep *Zone of Proximal Development* dari Vygotsky (dalam Martini, 2017), yang menjelaskan mengapa capaian KPS meningkat tajam dari pertemuan pertama (48,6%, kategori kurang aktif-tahap adaptasi peserta didik terhadap sintaks baru) hingga pertemuan ketiga (90,3%, kategori aktif-setelah peserta didik terbiasa dengan tahapan penyelidikan). Capaian tertinggi pada aspek mengamati dapat dijelaskan karena setiap pembelajaran diawali dengan penyajian fenomena nyata (pencemaran plastik, limbah cair, kebutuhan bibit unggul) yang dapat

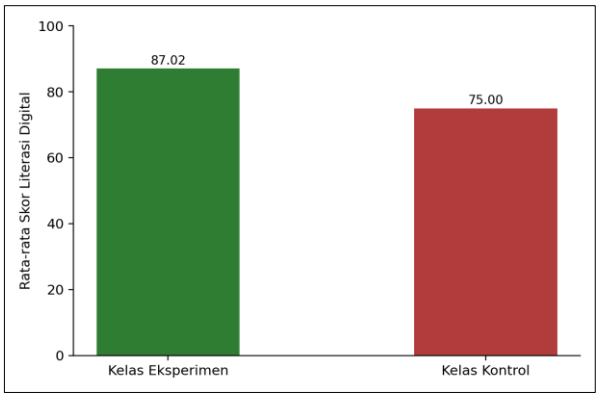
Biocaster : Jurnal Kajian Biologi
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2224-2238
Email: biocasterjournal@gmail.com

diobservasi langsung sebelum dieksplorasi lebih lanjut melalui simulasi digital, sedangkan aspek merencanakan percobaan dan interpretasi data menuntut kemampuan berpikir analitis tingkat tinggi yang memerlukan waktu latihan lebih panjang untuk berkembang.

Secara teknis, *virtual lab* berperan penting dalam mendukung KPS pada materi bioteknologi yang bersifat abstrak dan sulit diamati secara langsung, karena memungkinkan pelaksanaan praktikum tanpa kendala keterbatasan sarana, bahan, waktu, maupun faktor keamanan (Suryaningsih & Aripin, 2020). Melalui simulasi berbasis *web* yang dikembangkan peneliti, peserta didik dapat mengamati proses fermentasi bioplastik, aktivitas mikroorganisme dalam bioremediasi, dan pertumbuhan eksplan pada kultur jaringan secara interaktif dan berulang, sehingga pengumpulan data dan interpretasi hasil dapat dilakukan secara sistematis. Temuan ini konsisten dengan hasil Cahyaningrum *et al.* (2020) dan Purwanti *et al.* (2025) yang juga melaporkan peningkatan KPS yang signifikan melalui pembelajaran berbantuan *virtual laboratory*, sehingga memperkuat bukti bahwa pengaruh tersebut bersifat konsisten lintas materi dan jenjang pendidikan.

Pengaruh Model Inkuiri Terbimbing Berbantuan *Virtual Lab* terhadap Literasi Digital

Rata-rata skor literasi digital kelas eksperimen (87,02) lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (75,00), dengan hasil *independent sample t-test* menunjukkan signifikansi <0,01 (Tabel 6), sehingga H0 ditolak dan Ha diterima. Perbandingan capaian kedua kelas disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan Rata-rata Skor Literasi Digital Kelas Eksperimen dan Kontrol.

Temuan ini dapat dijelaskan oleh intensitas interaksi peserta didik dengan teknologi digital selama pembelajaran. Pada kelas eksperimen, peserta didik secara mandiri mengakses, menavigasi, dan mengoperasikan *virtual lab* berbasis *web* di setiap pertemuan, sehingga secara langsung mengembangkan aspek *functional skill and beyond* (Al-Duhani *et al.*, 2024). Pada pertemuan kedua (bioremediasi), *thinking and evaluation* (Dinata, 2021), sedangkan penyusunan laporan dan presentasi berbasis media digital mengembangkan kemampuan komunikasi dan kreativitas digital. Pada pertemuan ketiga (kultur jaringan), diskusi kelompok dalam menginterpretasikan hasil simulasi melatih aspek *collaboration* dan *communication*. Sebaliknya, kelas kontrol yang menerapkan *problem based learning* tanpa *virtual lab* memiliki intensitas pemanfaatan

Biocaster : Jurnal Kajian Biologi
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2224-2238
Email: biocasterjournal@gmail.com

teknologi yang lebih terbatas, sehingga pengembangan literasi digitalnya kurang optimal.

Hasil ini memperkuat temuan Siboro & Susianna (2024) bahwa penerapan inkuiri terbimbing meningkatkan literasi digital peserta didik, serta temuan Simatupang *et al*. (2024) bahwa *argument driven inquiry* berbantuan laboratorium virtual mendorong integrasi teknologi digital secara sistematis dalam pembelajaran. Mengingat indeks literasi digital nasional masih berada pada kategori sedang (Katadata Insight Center, 2021), capaian literasi digital kelas eksperimen yang tinggi mengindikasikan bahwa pendekatan berbasis teknologi seperti *virtual lab* sejalan dengan kerangka literasi digital Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia, dan sesuai dengan kebutuhan pengembangan kompetensi digital peserta didik abad ke-21 (Fachmi *et al.*, 2023).

Hasil uji korelasi *pearson product moment* pada kelas eksperimen menunjukkan koefisien korelasi sebesar 0,807 dengan signifikansi <0,001 (Tabel 8), termasuk kategori sangat tinggi menurut kriteria Sugiyono (2019). Dengan demikian, H0 ditolak dan Ha diterima, yang berarti terdapat hubungan positif yang kuat dan signifikan antara keterampilan proses sains dan literasi digital peserta didik pada materi bioteknologi.

Tabel 8. Hasil Uji Korelasi *Pearson* antara Keterampilan Proses Sains dan Literasi Digital.

Kelas	Koefisien Korelasi (r)	Sig.	Kategori	Simpulan
Eksperimen	0,807	< 0,001	Sangat Tinggi	Ha Diterima

Korelasi positif yang kuat ini menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan proses sains cenderung diikuti oleh peningkatan literasi digital, sebuah pola yang secara saintifik dapat dijelaskan oleh kesamaan kompetensi kognitif yang mendasari kedua konstruk tersebut. Darmaji *et al.* (2019) menyatakan bahwa literasi digital berperan sebagai *integrative framework* yang menghubungkan kompetensi digital dengan proses penyelidikan ilmiah dan kemampuan berpikir tingkat tinggi.

Penelitian ini menunjukkan bahwa keterampilan mengamati berkaitan erat dengan kemampuan mengakses informasi digital pada *virtual lab*, sementara keterampilan menganalisis dan menginterpretasikan data berhubungan langsung dengan aspek *critical thinking and evaluation* dalam literasi digital (Dinata, 2021), dan keterampilan berkomunikasi dalam KPS selaras dengan aspek komunikasi-kolaborasi digital (Novitasari *et al.*, 2023). Mekanisme inilah yang menjelaskan mengapa kedua kompetensi berkembang secara simultan ketika peserta didik menggunakan *virtual lab* untuk mempelajari bioplastik, bioremediasi, dan kultur jaringan-bukan sekadar muncul bersamaan secara kebetulan, melainkan karena keduanya dilatih melalui aktivitas kognitif yang tumpang tindih dalam satu siklus inkuiri.

Nilai koefisien korelasi pada penelitian ini (r=0,807) relatif konsisten dengan temuan Aras *et al.* (2023) yang melaporkan korelasi positif kuat antara literasi digital dan KPS pada materi sistem ekskresi (r=0,796; p=0,000), serta sejalan dengan Darmaji *et al.* (2026) yang menemukan kontribusi literasi digital sebesar 29% terhadap variansi KPS. Konsistensi nilai korelasi pada berbagai

Biocaster : Jurnal Kajian Biologi
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2224-2238
Email: biocasterjournal@gmail.com

jenjang dan konteks materi mengindikasikan bahwa hubungan antara literasi digital dan KPS bersifat mendasar, bukan spesifik pada satu topik. Verdugo-Perona (dalam Aras *et al.*, 2023) menambahkan bahwa pemanfaatan media digital yang kurang optimal justru dapat menghambat perkembangan keterampilan ilmiah dasar, yang secara tidak langsung mendukung argumen bahwa optimalisasi *virtual lab* berkontribusi terhadap penguatan kedua kompetensi sekaligus. Hasil ini menegaskan bahwa pengembangan literasi digital dan keterampilan proses sains perlu dipandang sebagai dua kompetensi yang saling terkait dan dapat dikembangkan secara terpadu melalui pembelajaran berbasis teknologi, sejalan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 yang menekankan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan integrasi teknologi (Mursali & Safnowandi, 2016; Priyanti *et al.*, 2024).

SIMPULAN

Penelitian ini menjawab ketiga hipotesis yang diajukan. Pertama, model inkuiri terbimbing berbantuan *virtual lab* terbukti berpengaruh signifikan terhadap keterampilan proses sains peserta didik kelas X pada materi bioteknologi (Sig. <0,01), dengan rata-rata *posttest* kelas eksperimen (90,24) melampaui KKTP dan jauh lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (62,94), didukung peningkatan aktivitas KPS dari kategori kurang aktif (48,6%) menjadi aktif (90,3%). Kedua, model tersebut juga berpengaruh signifikan terhadap literasi digital peserta didik (Sig. <0,01), dengan rata-rata skor kelas eksperimen (87,02) lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol (75,00). Ketiga, keterampilan proses sains dan literasi digital memiliki korelasi positif yang sangat kuat dan signifikan (r=0,807; p<0,001), yang menunjukkan bahwa kedua kompetensi berkembang secara sinergis melalui integrasi *virtual lab* dalam pembelajaran inkuiri terbimbing. Temuan ini membuktikan bahwa model inkuiri terbimbing berbantuan *virtual lab* merupakan pendekatan yang efektif untuk mengembangkan kompetensi ilmiah dan kompetensi digital peserta didik secara simultan pada materi bioteknologi yang bersifat abstrak dan mikroskopis.

SARAN

Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk memperluas cakupan sampel pada jenjang atau materi biologi lain, memperpanjang durasi perlakuan guna mengamati efek jangka panjang, serta mengkaji variabel moderator seperti kemampuan awal teknologi atau gaya belajar peserta didik. Keterbatasan penelitian ini perlu menjadi perhatian, antara lain durasi perlakuan yang relatif singkat (tiga pertemuan), keterbatasan jumlah sampel pada dua kelas, serta ketergantungan pada akses internet dan perangkat digital yang dapat memengaruhi pelaksanaan pembelajaran berbasis *virtual lab* di sekolah dengan fasilitas teknologi terbatas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing atas arahan dan bimbingan akademik selama penelitian, kepada para validator instrumen dan ahli media atas masukan yang berharga, kepada Kepala Sekolah

dan guru biologi SMA Negeri 1 Batang Kuis atas izin dan fasilitas yang diberikan, kepada Nova Purba dan Gunis Ezlen selaku observer penelitian, serta kepada seluruh peserta didik kelas X-F dan X-G SMA Negeri 1 Batang Kuis Tahun Ajaran 2025/2026 atas partisipasi aktif selama pelaksanaan penelitian. Terima kasih juga disampaikan kepada Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, atas dukungan administratif dan akademik dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

Agushesa, H. Y., & Prastiwi, M. S. (2024). Pengaruh Penggunaan *Virtual Laboratory* terhadap Kemampuan Literasi Saintifik Siswa pada Materi Evolusi. *BioEdu: Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, *13*(2), 458-464. https://doi.org/10.26740/bioedu.v13n2.p458-464

Al-Duhani, F., Saat, R. M., & Abdullah, M. N. S. (2024). Effectiveness of Web-Based Virtual Laboratory on Grade Eight Students' Self-Regulated Learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 20*(3), em2410. https://doi.org/10.29333/ejmste/14282

Alatas, F., & Sakina, W. H. (2019). *Guided Discovery* Berbantuan *Virtual Lab* untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Sikap Ilmiah. *JIPVA (Jurnal Pendidikan IPA Veteran)*, *3*(2), 138-148. https://doi.org/10.31331/jipva.v3i2.864

Aras, A., Widodo, A. T., Hayati, M. N., & Arfiani, Y. (2023). Hubungan antara Literasi Digital dengan *Science Process Skills* Siswa SMP Negeri 1 Balapulang pada Materi Sistem Ekskresi. In *Seminar Nasional Pendidikan IPA 3* (pp. 1-12). Tegal, Indonesia: Universitas Pancasakti Tegal.

Arikunto, S. (2018). *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.

Cahyaningrum, I., Mursiti, S., Sumarni, W., & Harjono, H. (2020). Pengaruh Praktikum Berbasis *Guided Inquiry* Berbantuan *Virtual Lab* terhadap Keterampilan Proses Sains. *Chemistry in Education*, *9*(1), 1-8.

Darmaji, D., Kurniawan, D. A., & Irdianti, I. (2019). Physics Education Students's Science Process Skills. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE), 8*(2), 293-298. https://doi.org/10.11591/ijere.v8i2.16401

Darmaji, D., Astalini, A., Yusnidar, Y., Kurniawan, D. A., Oktavia, S. W., Triani, E., & Perdana, R. (2026). Integration of Digital Literacy into the Development of Students' Science Process Skills in Straight Line Motion Dynamics. *Jurnal Pendidikan Fisika, 14*(2), 451-470. https://doi.org/10.26618/yjf10r45

Dinata, K. B. (2021). Analisis Kemampuan Literasi Digital Mahasiswa. *Edukasi : Jurnal Pendidikan*, *19*(1), 105-119. https://doi.org/10.31571/edukasi.v19i1.2499

Fachmi, N. M., Maula, L. H., & Nurmeta, I. K. (2023). Model *Inquiry Learning* Berbasis Literasi Digital untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa di Sekolah Dasar. *Jurnal Educatio*, *9*(4), 1646-1652. https://doi.org/10.31949/educatio.v9i4.5558

Hague, C., & Payton, S. (2010). *Digital Literacy Across the Curriculum: A Futurelab Handbook*. Bristol: Futurelab.

Hartati, H., Azmin, N., Nasir, M., & Andang, A. (2022). Keterampilan Proses Sains Siswa melalui Model Pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) pada Materi Biologi. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, *5*(12), 5795-5799. https://doi.org/10.54371/jiip.v5i12.1190

Katadata Insight Center. (2021). Retrieved July 4, 2026, from Status Literasi Digital di Indonesia 2021. Interactwebsite: https://cdn1.katadata.co.id/media/microsites/litdik/Status_Literasi_Digital_diIndonesia%20_2021_190122.pdf

Lifire, P. D., & Rosana, D. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Elektronik *Guided Inquiry* Berbasis *Website* Materi Konsep Usaha dan Energi untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik dan Literasi Digital. *Magneton: Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika UNWIRA*, *1*(2), 86-92. https://doi.org/10.30822/magneton.v1i2.2281

Martini, R. (2017). Persepsi Mahasiswa FISIP UNDIP terhadap Profil Kabinet Kerja Jokowi. *JIIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan, 1*(2), 34-44. https://doi.org/10.14710/jiip.v1i2.1618

Mursali, S., & Safnowandi, S. (2016). Pengembangan LKM Biologi Dasar Berorientasi Pembelajaran Inkuiri untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Mahasiswa. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi, 4*(2), 56-62. https://doi.org/10.33394/bioscientist.v4i2.218

Novitasari, I., Astuti, Y., Safahi, L., & Rakhmawati, I. (2023). Science Process Skills: Exploring Students' Interpretation Skills through Communication Skills. *BIOSFER: Jurnal Tadris Biologi, 14*(1), 123-130. https://doi.org/10.24042/biosfer.v14i1.17860

Nulhakim, L., Berlian, L., Rakhmawan, A., Saefullah, A., Rohimah, R. B., Firdaus, B. F., Hasan, A., El Islami, R. A. Z., & Sari, I. J. (2022). Syntax of the Guided Inquiry Learning Model Based on Local Wisdom of Baduy's Society Towards Scientific Literacy on Environmental Conservation Theme. *Gagasan Pendidikan Indonesia, 3*(1), 31-36. https://dx.doi.org/10.30870/gpi.v3i1.14787

Nuryadi, N., Astuti, T. D., Utami, E. S., & Budiantara, M. (2017). *Dasar-dasar Statistik Penelitian*. Bantul: PT. Gramasurya.

Oktavia, R. (2021). Tingkat Literasi Digital Siswa Ditinjau dari Penggunaan Teknologi Informasi sebagai *Mobile Learning* dalam Pembelajaran Biologi pada Siswa Menengah Atas (SMA) Kecamatan Kuala Nagan Raya. *Bionatural*, *VII*(2), 26-34. https://doi.org/10.61290/bio.v8i2.204

Pakpahan, F. H., & Saragih, M. (2022). Teori Perkembangan Kognitif Menurut Jean Piaget. *Jurnal Linguistik Terapan, 2*(1), 55-60. https://doi.org/10.52622/joal.v2i2.79

Pavitasari, A., Puspita, D., & Sholihah, M. (2025). Pengembangan *Virtual Laboratory* pada Materi Inovasi Teknologi Biologi untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa Kelas X SMA. *Jurnal Cakrawala Pendidikan dan Biologi*, *2*(1), 151-163. https://doi.org/10.61132/jucapenbi.v2i1.255

Priyanti, A. S. A., Ratnawati, R., & Sakufa, A. (2024). The Influence of

Competence and Work Motivation on Nurses' Performance at RSI Siti Aisyah Madiun. *Eduvest – Journal of Universal Studies, 4*(07), 5876-5891. https://doi.org/10.59188/eduvest.v4i7.1442

Purwanti, P., Utami, S., & Budiyanto, B. (2025). Pengaruh Interaksi Teman Sebaya terhadap Motivasi Belajar Peserta Didik pada Mata Pelajaran Pendidikan Agama Buddha Kelas VII. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan, 10*(2), 1109-1115. https://doi.org/10.29303/jipp.v10i2.3353

Purwati, P., Darwis, R., & Natsir, N. A. (2025). Efektivitas Laboratorium Virtual IPA dalam Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Kelas VII pada Materi Suhu dan Kalor. *Jurnal Pendidikan MIPA*, *15*(1), 322-330. https://doi.org/10.37630/jpm.v15i1.2574

Restudila, E., Fadilah, M., Selaras, G. H., & Fajrina, S. (2025). Analisis Hubungan Pembelajaran Biologi Berbasis Praktikum terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, *3*(4), 631-638. https://doi.org/10.31004/jerkin.v3i4.415

Rustaman, N. Y., Dirdjosoemarto, S., Yudianto, S. A., Achmad, Y., Subekti, R., Rochintaniawati, D., & Nurjhani, M. (2005). *Strategi Belajar Mengajar Biologi*. Malang: Universitas Negeri Malang (UM Press).

Siboro, M. A., & Susianna, N. (2024). Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Kompetensi Guru, Keterampilan Berpikir Kritis, Penguasaan Konsep Biologi, dan Literasi Digital SMA. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, *23*(3), 260-276. https://doi.org/10.17509/e.v23i3.73257

Simatupang, H., Suyanti, R. D., Djulia, E., Simanjutak, M. P., Ningsih, W., Sitinjak, A. P., & Ginting, A. R. (2024). *Argument Driven Inquiry* Berbantuan *Virtual Laboratory* untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Digital dan Literasi Sains Mahasiswa IPA. *BEST Journal (Biology Education, Science & Technology)*, *7*(2), 1313-1320. https://doi.org/10.30743/best.v7i2.10299

Soesana, A., Subakti, H., Karwanto, K., Fitri, A., Kuswandi, S., Sastri, L., Falani, I., Aswan, N., Hasibuan, F. A., & Lestari, H. (2023). *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. Medan: Yayasan Kita Menulis.

Sugiyono, S. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: CV. Alfabeta.

Suryaningsih, Y., & Aripin, I. (2020). *Ecopreneurship* Memanfaatkan Sumber Daya Lokal untuk Meningkatkan Minat Wirausaha dan Literasi Lingkungan. *Pedagogi Hayati, 4*(2), 63-70.

Wulandari, W., Mursali, S., & Dewi, I. N. (2025). Pengaruh Model Pembelajaran *Guided Inquiry* Berbantuan *Virtual Laboratory* terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi, 5*(3), 202-216. https://doi.org/10.36312/biocaster.v5i3.441

Yunita, D. C., & Martini, M. (2025). Efektivitas Inkuiri Terbimbing dalam Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa SMP. *Jurnal Basicedu*, *9*(1), 258-265. https://doi.org/10.31004/basicedu.v9i1.9773