

Eksplorasi Analisis Kebutuhan Bahan Ajar Berbasis *Citizen Science Project* untuk Memberdayakan Keterampilan Kolaborasi Siswa pada Materi Sistem Pernapasan

Nur Aisyah Ainun^{1*}, Marzukah¹, Adnan¹, Andi Rahmat Saleh¹, Besse Khalidatunnisa¹

¹ Universitas Negeri Makassar, Jl. A. P. Pettarani, Makassar, Indonesia

Email: nur.aisyah.ainun@unm.ac.id

ABSTRACT

This research focuses on analysing the needs of teaching materials with a Citizen Science Project (CSP)- based approach for students, as a means of learning that addresses the challenges of the 21st century, especially in developing collaboration skills. The needs analysis was conducted at SMA Negeri 5 Makassar with 51 students in the even academic year 2024/2025. The purpose of this study was to determine the needs of students for CSP-based materials to be developed, aiming to empower their collaboration skills. The method used is the qualitative descriptive method. The data collection technique used in this study involved conducting an initial student needs analysis. The research instruments used were the student needs questionnaire and the collaboration skills questionnaire. The data analysis consists of reducing the data into specific tables for descriptive presentation. The results of initial observations revealed that students require CSP-based teaching materials. Additionally, the study found that students' low collaboration skills were prevalent, with 84.31% of students experiencing difficulties in this area. Furthermore, as many as 49.02% of students reported difficulty with respiratory system material in Biology lessons. Based on this, it is necessary to develop a CSP-based book that can empower collaboration skills in biology learning, especially in respiratory system material, for students to achieve competence in realising the Golden Indonesia 2045.

Keywords: Biology teaching materials, Citizen Science Project (CSP), Collaboration Skills, Respiratory System, Sustainable Golden Indonesia 2045

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada analisis kebutuhan bahan ajar dengan pendekatan berbasis *Citizen Science Project* (CSP) pada siswa, sebagai sarana pembelajaran yang mengikuti tantangan abad 21 khususnya keterampilan kolaborasi. Analisis kebutuhan dilakukan di SMA Negeri 5 Makassar sebanyak 51 orang siswa pada tahun ajaran Genap 2024/2025. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kebutuhan siswa terhadap bahan berbasis CSP yang akan dikembangkan untuk memberdayakan keterampilan kolaborasi. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif kualitatif. Teknik pengambilan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan analisis kebutuhan awal siswa. Instrumen penelitian yang digunakan berupa angket kebutuhan siswa dan angket keterampilan kolaborasi. Analisis data yang digunakan yaitu mereduksi data-data ke dalam tabel spesifik untuk disajikan secara deskriptif. Hasil observasi awal yang ditemukan siswa membutuhkan bahan ajar berbasis CSP serta ditemukan bahwa rendahnya keterampilan kolaborasi siswa yaitu sebanyak 84.31% dan sebanyak 49.02% orang siswa menyatakan sulitnya materi sistem pernapasan pada mata Pelajaran Biologi. Berdasarkan hal tersebut dibutuhkan adanya pengembangan buku berbasis CSP yang dapat memberdayakan keterampilan kolaborasi pada pembelajaran biologi khususnya materi sistem pernapasan di sekolah untuk kompetensi siswa dalam mewujudkan Indonesia Emas 2045.

Kata Kunci: Bahan ajar Biologi, *Citizen Science Project* (CSP), Indonesia Emas Berkelanjutan 2045, Keterampilan Kolaborasi, Sistem Pernapasan

Cara sitasi: Ainun, N.A., Marzukah., Adnan., Saleh, A.R., Khalidatunnisa, B. (2025). Eksplorasi Analisis Kebutuhan Bahan Ajar Berbasis Citizen Science Project untuk Memberdayakan Keterampilan Kolaborasi Siswa pada Materi Sistem Pernapasan. *Bioed: Jurnal Pendidikan Biologi*, 13 (2), 212-224.
DOI: <http://dx.doi.org/10.25157/jpb.v13i2.21008>

PENDAHULUAN

Tantangan sikap individualisme menjadi penghambat signifikan dalam mewujudkan Indonesia Emas Berkelanjutan 2045. Sikap individualisme sangat bertentangan dengan jati diri Bangsa Indonesia yang sangat menjunjung tinggi sikap gotong royong (Adetia *et al.*, 2024; Hibatullah, 2022). Sikap gotong royong mengalami transformasi dan perkembangan istilah menjadi keterampilan kolaborasi khususnya pada bidang Pendidikan. Keterampilan kolaborasi sangat penting untuk dimiliki siswa sehingga dimuat dalam elemen penting dimensi gotong royong pada Profil Pelajar Pancasila (Mukaromah *et al.*, 2025). Namun mayoritas peserta didik masih mengalami kesulitan dan hambatan (Suaidiah *et al.*, 2024; Supriadi *et al.*, 2023) dan sebanyak 77% keterampilan kolaborasi siswa berada pada kategori rendah (Ahwan *et al.*, 2023; Alzubi *et al.*, 2025; Ellianawati *et al.*, 2025), sehingga membutuhkan menjadi hal fundamental dan krusial untuk dilaksanakan pemberdayaan dalam akselerasi peningkatan keterampilan kolaborasi.

Urgensi akselerasi peningkatan keterampilan kolaborasi menjadi semakin mendesak mengingat pentingnya mempersiapkan siswa menghadapi tantangan masa depan sehingga mendukung terwujudnya visi Indonesia Emas 2045. Keterampilan kolaborasi menjadi hal fundamental bagi generasi muda akan mampu berkontribusi secara signifikan dalam pembangunan bangsa. Keterampilan kolaborasi pada kegiatan pembelajaran mempunyai makna untuk tercapainya tujuan pembelajaran yang sama (Dahlan *et al.*, 2024; Murtopo *et al.*, 2024), maka diperlukan upaya untuk menciptakan hubungan yang baik antar siswa, sehingga memberikan kemudahan serta pemahaman siswa terhadap materi pelajaran menjadi lebih mendalam (Bilici & Yilmaz, 2024; Fadillah *et al.*, 2024; Nurdin *et al.*, 2024). Oleh karena itu, penting bagi para pendidik dan peneliti untuk terus mengembangkan dan menerapkan proses pembelajaran yang mendorong kolaborasi dan partisipasi aktif siswa yang diawali dengan proses pengembangan bahan ajar.

Bahan ajar interaktif saat ini banyak digunakan dalam proses pembelajaran karena dinilai lebih menarik dibandingkan bahan ajar lainnya. Keunggulan bahan ajar interaktif karena dapat menggabungkan media seperti gambar, animasi, audio maupun video dengan model atau metode pengajaran yang beragam (Hartono *et al.*, 2022; Pradnyana *et al.*, 2021). Bahan ajar interaktif yang diintegrasikan dengan model pembelajaran kolaboratif dan pendekatan pembelajaran yang tepat dinilai dapat meningkatkan keterampilan kolaborasi siswa (Ginancar *et al.*, 2024). Tingkat keterampilan kolaborasi dipengaruhi oleh kualitas bahan ajar yang dapat memfasilitasi diskusi dan pertukaran ide antar siswa. Bahan ajar yang kurang menarik akan membuat siswa menjadi jenuh dan cepat bosan dalam mengikuti proses pembelajaran di kelas sehingga kemandirian belajar menjadi kurang (Habibunnisa *et al.*, 2024; Wahyuni *et al.*, 2024). Model pembelajaran yang cocok diintegrasikan dalam bahan ajar untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi siswa yakni *Citizen Science Project* (CSP).

CSP sebagai salah satu pendekatan yang melibatkan masyarakat dalam proses penelitian sederhana. CSP dalam bidang pendidikan umumnya digunakan untuk melatih keterampilan kolaborasi, berpikir kreatif, keterampilan berpikir kritis dan komunikasi siswa (Adnan *et al.*, 2025; Gusti *et al.*, 2023). Melalui CSP, guru diharapkan memiliki proyek pembelajaran yang dapat memberikan pengaruh positif bagi siswa dan lingkungan sekitar (Damayanti *et al.*, 2021; Tiago *et al.*, 2024). Namun, masih banyak sekolah yang tidak siap untuk implementasi CSP ke dalam proses pembelajaran khususnya mata Pelajaran Biologi (Wijaya *et al.*, 2024).

Biologi merupakan salah satu mata pelajaran yang dihadirkan dalam Kurikulum Merdeka jenjang SMA. Biologi ialah ilmu yang mempelajari terkait asal usul kehidupan, meliputi hubungan antar organisme maupun mikroorganisme (Ikhtiar *et al.*, 2022). Materi biologi umumnya bersifat abstrak sehingga membutuhkan bahan ajar dengan visual yang baik. Salah satu materi pelajaran yang abstrak yakni sistem pernapasan manusia sehingga siswa merasa kesulitan dalam memahami materi. Berdasarkan irasionalitas permasalahan yang telah diuraikan maka pendekatan CSP menunjukkan potensi signifikan dalam meningkatkan partisipasi aktif peserta didik dalam pembelajaran sains namun belum ada kajian yang secara spesifik mengidentifikasi kebutuhan bahan ajar yang sesuai dengan karakteristik materi sistem pernapasan. Penelitian terdahulu lebih berfokus pada aspek konten dan

capaian kognitif, sementara pengembangan bahan ajar yang secara sistematis dirancang untuk memberdayakan keterampilan kolaborasi melalui kegiatan sains partisipatif belum memperoleh perhatian yang intensif. Ketidakhadiran kajian yang mengintegrasikan analisis kebutuhan bahan ajar berbasis CSP yang memberdayakan keterampilan kolaborasi pada materi sistem pernapasan mengindikasikan adanya kesenjangan konseptual dalam literatur pendidikan sains khususnya Biologi, sehingga diperlukan penelitian yang mampu mengkaji secara spesifik dan aplikatif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengimplementasikan jenis penelitian survei dengan pendekatan kualitatif. Penelitian ini menjadi bagian fundamental dari penelitian pengembangan atau *Research and Development* (R&D). Langkah-langkah yang digunakan pada pendekatan kualitatif dalam penelitian ini dilakukan melalui penyebaran angket analisis kebutuhan bahan ajar kepada siswa untuk memperoleh data kontekstual terkait pembelajaran sistem pernapasan. Langkah selanjutnya, yaitu penyebaran angket tingkat keterampilan kolaborasi digunakan untuk mengidentifikasi kondisi aktual kemampuan kerja sama siswa sebagai dasar pengembangan bahan ajar berbasis CSP. Subjek penelitian ini adalah siswa SMA yang sedang mengambil mata pelajaran biologi. Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di SMAN 5 Makassar pada tahun ajaran Genap 2024/2025.

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah metode angket atau kuesioner. Penelitian ini menggunakan angket atau kuesioner, daftar pertanyaannya dibuat secara berstruktur dengan bentuk pertanyaan disertai dengan pilihan kesesuaian. Angket terdiri dari dua, yang pertama yaitu angket kebutuhan siswa yang ditujukan untuk mengetahui kesulitan belajar, kebutuhan bahan ajar, keterampilan kolaborasi dan minat siswa terhadap pendekatan pembelajaran CSP yang terdiri dari 10 item pernyataan dan 1 item ceklist atau isian berupa pilihan materi Biologi yang sulit. Angket kedua yaitu angket keterampilan kolaborasi untuk mengukur tingkat keterampilan kolaborasi siswa sebanyak 15 item yang terdiri dari 10 pernyataan positif dan 5 pernyataan negatif. Metode ini digunakan untuk memperoleh data tentang analisis kebutuhan awal siswa dengan populasi 51 siswa. Analisis data menggunakan aplikasi *Jeffrey's Amazing Statistics Program* (JASP) melalui *descriptives statistics analyze*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pokok permasalahan dalam penelitian ini yaitu rendahnya keterampilan kolaborasi siswa pada mata Pelajaran Biologi. Pendekatan pemecahan masalah yang digunakan dengan bahan ajar berbasis CSP yang mampu mengatasi rendahnya keterampilan kolaborasi siswa. Kelayakan bahan ajar yang dirancang khusus untuk melibatkan siswa dalam proyek-proyek nyata, keterampilan kolaborasi mereka dapat ditingkatkan secara signifikan melalui proses pemecahan masalah yang interaktif dan partisipatif. Namun Langkah awal yaitu melakukan analisis diantaranya analisis deskriptif menggunakan JASP yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Deskriptif Kebutuhan Siswa

Item	Mean	SD	CV	Shapiro-Wilk
1	0.745	0.440	0.591	0.543
2	0.922	0.272	0.295	0.299
3	0.922	0.272	0.295	0.299
4	0.059	0.238	4.040	0.252
5	0.059	0.238	4.040	0.252
6	0.118	0.325	2.766	0.376
7	0.314	1.288	4.106	0.244
8	0.961	0.196	0.204	0.196
9	1.000	0.000	0.000	NaN ^a
10	0.863	0.348	0.403	0.408

Hasil analisis data pada Tabel 1. menunjukkan variasi tingkat kebutuhan terhadap aspek-aspek pembelajaran biologi yang dapat dijadikan dasar pengembangan bahan ajar berbasis *Citizen Science*

Project (CSP). Nilai rata-rata (mean) yang relatif tinggi seperti pada item 2, 3, 8, 9, dan 10 (rentang 0.86–1.00) mengindikasikan bahwa siswa memiliki kecenderungan kebutuhan yang kuat terhadap bahan ajar yang mampu menghadirkan pengalaman belajar kolaboratif, autentik, dan relevan dengan konteks nyata. Hal ini memperlihatkan adanya peluang besar untuk mengintegrasikan pendekatan CSP karena model ini memungkinkan keterlibatan langsung siswa dalam kegiatan penelitian sederhana, pengumpulan data lapangan, maupun interaksi dengan masyarakat dan pakar.

Sebaliknya, nilai mean yang rendah dan koefisien variasi tinggi pada item 4, 5, 6, dan 7 (0.059–0.314; CV di atas 2.7) menunjukkan adanya kelemahan atau kesenjangan dalam aspek tertentu, misalnya keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah kompleks, atau partisipasi aktif dalam observasi lapangan. Ketidakkonsistenan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran yang selama ini berlangsung belum sepenuhnya memberi ruang eksplorasi terbuka dan praktik ilmiah yang nyata.

Berdasarkan temuan tersebut, pengembangan bahan ajar terintegrasi CSP menjadi sangat relevan. Materi perlu dirancang agar tidak hanya menyajikan konsep, tetapi juga mengajak siswa melakukan kegiatan nyata, seperti monitoring lingkungan, analisis sederhana, dan pelaporan kolaboratif. Bahan ajar sebaiknya berorientasi pada proyek yang menekankan kolaborasi, komunikasi, serta keterhubungan dengan ahli atau masyarakat sekitar. Dengan demikian, kebutuhan akan pembelajaran bermakna dapat terjawab, sekaligus mendorong penguatan keterampilan abad 21 dalam konteks biologi.

Analisis kebutuhan siswa dilakukan dengan mengumpulkan data menggunakan angket yang dibagikan. Hasil analisis siswa yang terdiri dari 51 orang. Adapun hasil observasi terhadap siswa dapat dilihat pada Tabel 2.

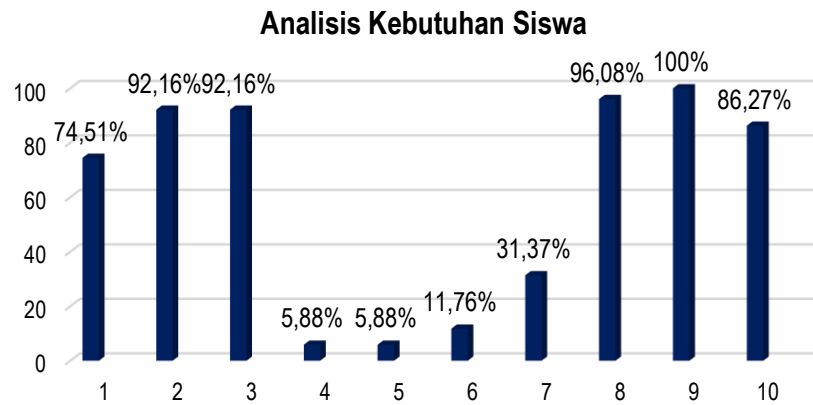
Tabel 2. Analisis Kebutuhan Siswa

No.	Item Pernyataan	Persentase (%)
1	Saya merasa kesulitan dalam memahami materi biologi	74.51
2	Saya membutuhkan bahan ajar yang memuat ilustrasi dan gambar	92.16
3	Saya membutuhkan bahan ajar yang mudah diakses	92.16
4	Saya merasa lebih mudah memahami biologi jika berdiskusi dengan teman	5.88
5	Saya aktif berkontribusi secara langsung dalam menyelesaikan tugas proyek secara berkelompok	5.88
6	Saya senang mengerjakan tugas secara berkelompok dibanding mengerjakan secara individu	11.76
7	Saya mengetahui pendekatan pembelajaran <i>Citizen Science Project</i>	31.37
8	Saya tertarik dengan proses pembelajaran yang melibatkan pengamatan dan penelitian sederhana secara langsung	96.08
9	Saya tertarik dengan proses pembelajaran yang menghubungkan teori dengan pengalaman nyata di lingkungan sekitar	100
10	Saya tertarik dengan proses pembelajaran yang bekerja sama dengan ahli dan melibatkan Masyarakat	86.27

Hasil analisis data memperlihatkan kebutuhan yang sangat tinggi terhadap pengembangan bahan ajar terintegrasi CSP sebanyak 74,51% responden menyatakan mengalami kesulitan dalam memahami materi biologi, menunjukkan bahwa bahan ajar yang ada belum sepenuhnya mendukung pemahaman konsep secara efektif. Persentase tinggi pada kebutuhan bahan ajar dengan ilustrasi dan gambar (92,16%) serta bahan ajar yang mudah diakses (92,16%) menegaskan pentingnya media belajar yang lebih kontekstual, menarik, dan fleksibel.

Preferensi siswa terhadap pembelajaran yang melibatkan pengamatan serta penelitian sederhana mencapai 96,08%. Keterhubungan teori dengan pengalaman nyata di lingkungan sekitar bahkan mencapai 100%, memperlihatkan bahwa siswa menginginkan pengalaman belajar yang lebih aplikatif. Integrasi CSP mampu menjawab kebutuhan ini karena siswa dapat berperan aktif dalam kegiatan ilmiah, mulai dari pengumpulan data hingga analisis, sehingga pemahaman konsep biologi menjadi lebih bermakna. Minat sebesar 86,27% terhadap kerja sama dengan ahli dan masyarakat juga menunjukkan peluang besar untuk menghadirkan pembelajaran kolaboratif yang sejalan dengan tuntutan keterampilan abad 21.

Kebutuhan yang tidak dipenuhi akan berdampak pada berlanjutnya kesulitan siswa memahami konsep biologi, terbatasnya kesempatan mengaitkan teori dengan realitas, serta rendahnya motivasi untuk berkolaborasi. Kondisi tersebut dapat menghambat pembentukan keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif. Penyusunan bahan ajar berbasis CSP menjadi langkah penting yang bukan hanya bersifat inovatif, melainkan juga strategis dalam meningkatkan mutu pembelajaran biologi serta menyiapkan siswa menghadapi tantangan global. Visualisasi hasil analisis kebutuhan siswa disajikan pada Gambar 1.



(sumber: Dokumen Pribadi Peneliti)

Gambar 1. Analisis Kebutuhan Siswa

Berdasarkan visualisasi gambar 1, diketahui bahwa tingginya Tingkat kebutuhan terhadap bahan ajar yang inovatif yang transformatif khususnya terintegrasi CSP. Karena hakikatnya bidang Pendidikan saat ini mengalami transformasi paradigma Pendidikan (Bahri *et al.*, 2024; Sahira *et al.*, 2023). Pembelajaran kolaboratif dapat membangun kapasitas untuk mentoleransi atau menyelesaikan perbedaan dan membangun pendapat dalam kelompok belajar yang berdampak pada hasil belajar yang baik dan berkualitas (Bahri *et al.*, 2021). Namun, seringkali siswa merasa bosan dan tidak tertarik dengan pembelajaran biologi. Mereka sulit memahami konsep-konsep yang diajarkan dan hasil belajarnya pun kurang memuaskan (Hutapea *et al.*, 2025; Inzani *et al.*, 2023). pentingnya pendekatan holistik dan inovatif dalam meningkatkan keterampilan dan hasil belajar siswa (Ayu *et al.*, 2024; Bahri, M, *et al.*, 2024) membentuk inovasi-inovasi kreatif pendidik yang secara langsung dapat berdampak pada peningkatan kualitas pembelajaran di kelas (Bahri *et al.*, 2023; Saroh *et al.*, 2025).

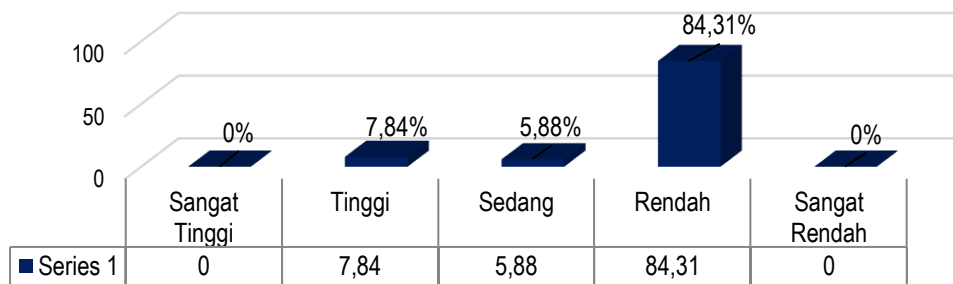
Partisipasi dan kolaborasi siswa menjadi kunci untuk memajukan pembelajaran. kemampuan kolaboratif untuk menjadi kota belajar untuk pembelajaran yang berkelanjutan dan berkesinambungan (Kaewhanam *et al.*, 2023; Marmoah *et al.*, 2022). Pendekatan ini memanfaatkan lingkungan belajar kolaboratif dan praktik yang mendukung bagi para guru pemula untuk menyempurnakan metode instruksional mereka dan berkembang menjadi guru yang mahir dan mampu mengasah kemampuan kognitif siswa secara efektif (Cojorn & Sonsupap, 2024). Proyek-proyek ini menawarkan kesempatan untuk pengembangan profesional berkelanjutan di bidang kewarganegaraan global dengan menggunakan berbagai teknologi pengajaran sehingga terjadi kolaborasi (Chen *et al.*, 2021; Fraisl *et al.*, 2025; Nabillah *et al.*, 2025). Namun berdasarkan hasil analisis ditemukan bahwa Tingkat keterampilan kolaborasi siswa masih menjadi hal krusial yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tingkat Keterampilan Kolaborasi Siswa

No	Kategori	Persentase (%)
1	Sangat Tinggi	0
2	Tinggi	7.84
3	Sedang	5.88
4	Rendah	84.31
5	Sangat Rendah	0

Hasil analisis data penelitian pada Tabel 3 menyajikan bahwa 84.31% siswa berada pada kategori rendah dalam keterampilan kolaborasi. Dominasi persentase tersebut mencerminkan rendahnya kemampuan siswa untuk bekerja sama secara efektif dalam proses pembelajaran biologi. Rendahnya capaian ini juga menjadi indikator bahwa aspek komunikasi, tanggung jawab kelompok, serta sinergi dalam menyelesaikan permasalahan belum berkembang secara optimal. Belum optimalnya keterampilan kolaborasi siswa, diantaranya disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu masih kurangnya integrasi pembelajaran berbasis proyek dan diskusi kelompok, sehingga siswa terbiasa belajar secara individual daripada kooperatif (Ilham *et al.*, 2025; Sendi *et al.*, 2025). Faktor lain adalah masih minimnya dukungan guru untuk melibatkan ahli dan praktisi (Karousiou *et al.*, 2025; Liu & Huang, 2025; Wakhudin *et al.*, 2024).

Kategori tinggi hanya dicapai oleh 7.84% siswa, sedangkan kategori sedang sebesar 5.88%. Distribusi tersebut menunjukkan bahwa hanya sebagian kecil siswa yang telah menunjukkan kemampuan kolaborasi pada tingkat memadai. Tidak ditemukannya siswa pada kategori sangat tinggi memperlihatkan bahwa keterampilan kolaboratif belum mencapai level yang diharapkan untuk menjawab tuntutan pembelajaran abad 21. Ketiadaan kategori sangat rendah mengindikasikan bahwa siswa memiliki potensi dasar untuk berkolaborasi, tetapi belum diberdayakan. Berikut visualisasi data Tingkat keterampilan kolaborasi siswa disajikan pada Gambar 2.



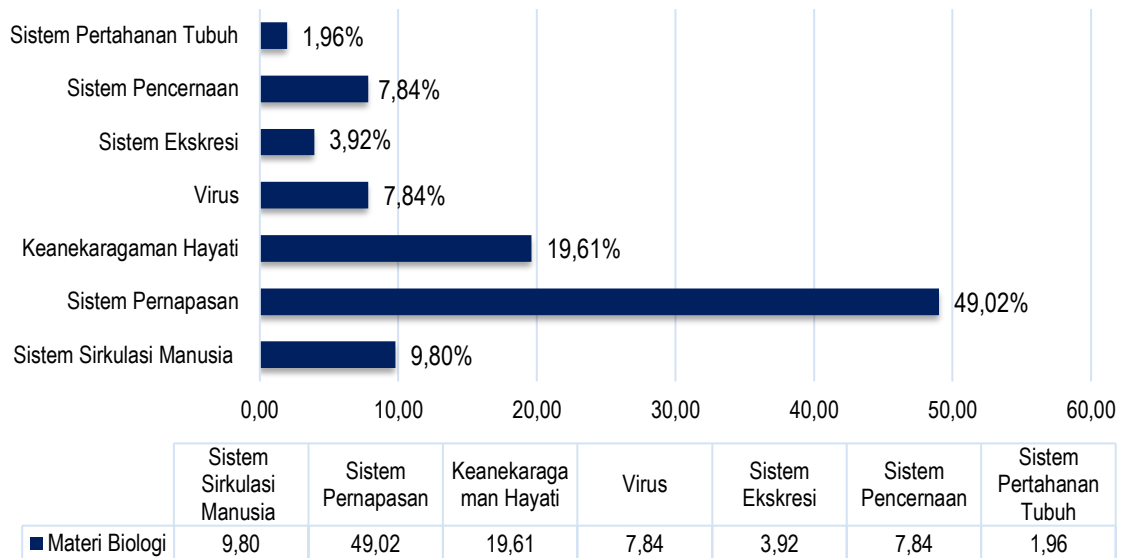
(sumber: Dokumen Pribadi Peneliti)
Gambar 2. Tingkat Keterampilan Kolaborasi Siswa

Kebutuhan inovasi bahan ajar semakin terlihat ketika pembelajaran biologi diarahkan untuk mengembangkan kompetensi abad ke-21, terutama keterampilan kolaborasi. Berkolaborasi dengan memecahkan masalah dari kehidupan sehari-hari yang dialami oleh siswa seperti tingginya paparan asap kendaraan bermotor yang menyebabkan sesak napas pada siswa saat berangkat ke sekolah, serta kebiasaan merokok di lingkungan rumah yang meningkatkan risiko batuk kronis (Aqeel *et al.*, 2025; Feberina *et al.*, 2021). Kolaborasi dapat terwujud jika bahan ajar memberikan kesempatan bagi siswa untuk berdiskusi, meneliti, serta berbagi hasil temuan dengan teman sebaya maupun pihak lain. Bahan ajar berbasis CSP mampu menjawab kebutuhan ini karena memungkinkan siswa terlibat dalam pengumpulan data, pengamatan lingkungan sekitar, hingga komunikasi dengan komunitas atau peneliti terkait. Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya bersifat klasikal, tetapi juga melibatkan pengalaman nyata yang mendorong siswa belajar berkolaborasi (Uskola *et al.*, 2024). Kolaborasi siswa dapat diberdayakan melalui bahan ajar yang terstruktur dan kontekstual, sehingga mendukung efektivitas pembelajaran serta memperkuat urgensi pengembangan bahan ajar.

Urgensi pengembangan bahan ajar berbasis CSP semakin nyata karena melalui proyek ini siswa dapat menjalin kolaborasi dengan para ahli, baik dari kalangan akademisi, tenaga kesehatan, maupun peneliti biologi (Adnan *et al.*, 2025; Encarnação *et al.*, 2021; Sanabria-Z *et al.*, 2025). Keterlibatan ahli memberi nilai tambah yang signifikan, sebab siswa tidak hanya belajar dari guru dan buku, melainkan juga memahami cara kerja ilmuwan dalam mengkaji sistem pernapasan dan hubungannya dengan kesehatan. Kolaborasi lintas peran ini menumbuhkan keterampilan komunikasi ilmiah, berpikir kritis, dan kerja tim yang lebih luas (Abidin & Soewondo, 2025; Nurgufriani *et al.*, 2025). Apabila

pembelajaran biologi hanya dilakukan secara konvensional tanpa jembatan ke dunia ilmiah nyata, maka siswa akan kehilangan kesempatan berharga untuk membangun pemahaman aplikatif dan keterampilan kolaborasi tingkat tinggi. Oleh karena itu, keberadaan CSP sebagai bagian dari bahan ajar menjadi sangat krusial untuk diintegrasikan khususnya pada materi pembelajaran Biologi yang dianggap sulit oleh siswa sehingga dilakukan observasi dan menemukan materi yang dianggap sulit yang disajikan pada Gambar 3.

Tingkat Kesulitan Materi Biologi



(sumber: Dokumen Pribadi Peneliti)

Gambar 3. Tingkat Kesulitan Materi Biologi

Berdasarkan hasil analisis yang disajikan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa sebanyak 49.02% siswa memilih materi sistem pernapasan menjadi tantangan bagi sebagian besar. Kesulitan ini muncul karena karakteristik materi yang abstrak dan penuh istilah biologis yang tidak mudah dikaitkan dengan pengalaman sehari-hari. Siswa cenderung menghafal proses pernapasan tanpa memahami fungsi masing-masing organ secara menyeluruh. Selain itu, pendekatan pembelajaran yang bersifat satu arah membuat siswa kurang aktif dalam mengeksplorasi konsep secara mandiri. Fenomena ini mendorong perlunya strategi pembelajaran yang lebih kontekstual dan partisipatif, di mana siswa dapat terlibat langsung dalam proses pengamatan dan analisis. Salah satu pendekatan yang mulai banyak diperhatikan dalam pendidikan sains adalah CSP, yang menggabungkan kegiatan ilmiah dengan keterlibatan masyarakat, termasuk siswa. Melalui pendekatan ini, diharapkan siswa dapat membangun pemahaman yang lebih mendalam terhadap sistem pernapasan melalui pengalaman nyata dan refleksi terhadap aktivitas sehari-hari.

Materi sistem pernapasan menjadi salah satu topik penting dalam pembelajaran biologi karena berkaitan langsung dengan kehidupan sehari-hari siswa, khususnya dalam memahami proses tubuh yang berhubungan dengan kesehatan. Permasalahan yang muncul dalam praktik pembelajaran sering terletak pada minimnya bahan ajar yang mampu menghubungkan konsep teoritis dengan pengalaman nyata yang hanya konvensional, sehingga siswa cenderung hanya menghafal istilah tanpa memahami proses biologis secara mendalam (Chey *et al.*, 2025; Sakinah *et al.*, 2025). Kondisi ini menimbulkan urgensi penyediaan bahan ajar yang mampu menghadirkan pengalaman belajar kontekstual, interaktif, dan aplikatif. Tanpa pendekatan yang inovatif, pembelajaran sistem pernapasan berisiko tidak memberikan dampak signifikan terhadap pemahaman konsep hal yang bermakna melalui hal fundamental yaitu inovasi bahan ajar (Anggraeni *et al.*, 2024; Choi *et al.*, 2021).

Integrasi CSP dalam bahan ajar sistem pernapasan sekaligus menjadi sarana untuk mengatasi keterbatasan sumber belajar yang selama ini masih dominan berbasis teks dan visual sederhana.

Siswa dapat diajak melakukan survei pola makan di lingkungan sekitar, mengumpulkan data kesehatan sederhana, kemudian membandingkan temuan dengan literatur ilmiah yang diperoleh dari kolaborasi dengan para ahli (Heafala *et al.*, 2024). Aktivitas semacam ini tidak hanya menguatkan konsep biologi, tetapi juga melatih keterampilan kolaborasi dalam konteks nyata. Kolaborasi siswa tidak berhenti di dalam kelas, melainkan berkembang ke jejaring ilmiah yang lebih luas. Proses ini membuat pembelajaran sistem pernapasan memiliki relevansi lebih tinggi dengan kehidupan siswa, sekaligus menyiapkan mereka sebagai individu yang mampu bekerja sama dalam menghadapi tantangan kesehatan masyarakat di masa depan (Gao *et al.*, 2024). Dengan demikian, pengembangan bahan ajar berbasis CSP tidak sekadar inovasi, tetapi menjadi kebutuhan mendesak bagi pembelajaran biologi modern.

Dipilihnya CSP tentu dengan banyak pertimbangan, yang utama karena pelaksanaan CSP sebagai bagian dari kegiatan implementasi pembelajaran biologi (Bahri *et al.*, 2024). Dengan demikian pembelajaran dikatakan efektif apabila tujuan dari pembelajaran tersebut tercapai (Muhammad *et al.*, 2021). CSP memberikan peluang yang lebih besar kepada siswa untuk mengembangkan keterampilan berkolaborasi mereka melalui proses pembelajaran. Pendekatan CSP menuntut siswa untuk bekerja sama, tanpa adanya kerja sama maka siswa tidak dapat mendapatkan hasil akhir proyek yang baik karena keterbatasan sumbangsih ide dan tenaga (Fajri *et al.*, 2021; Jönsson *et al.*, 2024). Sehingga, keterampilan kolaborasi siswa akan berkembang seiring dengan pelaksanaan kegiatan riset sederhana. Oleh karena itu, model pembelajaran CSP merupakan pilihan yang tepat untuk memberdayakan keterampilan kolaborasi siswa terkhususnya pada mata pelajaran Biologi. Pemahaman yang tepat tentang konsep belajar sangat diperlukan terutama bagi siswa. Salah satu upaya guru dalam menciptakan proses pembelajaran yang baik yaitu dengan menggunakan bahan ajar yang inovatif terintegrasi dan sesuai kebutuhan siswa (Nugraha *et al.*, 2024; Ramadhani *et al.*, 2023).

Kebutuhan siswa perihal urgensi bahan ajar berbasis CSP dirancang untuk mengintegrasikan keterlibatan peserta didik dalam penelitian nyata yang menuntut kerja sama aktif sebagai bekal menuju Indonesia Emas 2045 (Rosani *et al.*, 2025; Yurniati *et al.*, 2025). Pendekatan pembelajaran ini mendorong siswa untuk berkolaborasi dalam merancang, mengumpulkan, dan menganalisis data secara ilmiah guna mencetak generasi unggul bagi Indonesia Emas. Pemberdayaan keterampilan kolaborasi melalui CSP menjadi fondasi penting dalam menumbuhkan sikap ilmiah, tanggung jawab bersama, serta kemampuan pemecahan masalah kolektif yang relevan dengan cita-cita Indonesia Emas 2045.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis kebutuhan awal yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perlunya untuk mengembangkan bahan ajar buku berbasis CSP sebagai pendekatan pembelajaran khususnya materi sistem Pernapasan yang dianggap sulit oleh 49.02% orang siswa sehingga dapat memberdayakan dan meningkatkan keterampilan kolaborasi siswa. Hal tersebut diperoleh dari hasil analisis kebutuhan yang menunjukkan bahwa masih rendahnya keterampilan kolaborasi siswa yaitu sebanyak 84,31%. Sehingga tahap ini menjadi langkah awal untuk mengembangkan bahan ajar berbasis CSP untuk memberdayakan keterampilan kolaborasi siswa sebagai kompetensi yang mendukung terwujudnya Indonesia Emas 2045. Berdasarkan kesimpulan di atas, peneliti berharap agar bahan ajar berbasis CSP pada pembelajaran biologi yang telah dikembangkan dapat digunakan oleh guru sebagai sumber belajar yang dapat membantu proses pembelajaran biologi yang inovatif dan bermakna. Pendekatan berbasis kebutuhan menjadikan pembelajaran lebih relevan dan berdampak langsung. Hal tersebut dikarenakan bahan yang akan dikembangkan sesuai dengan kebutuhan siswa yang telah dianalisis

REKOMENDASI

Penelitian dapat dilanjutkan ke tahap pengembangan desain dan menguji kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan bahan ajar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Negeri Makassar melalui hibah penelitian PNPB tahun 2025 dan khususnya kepada Almarhum (Rahimahullah) Prof. Dr. Arsad Bahri, S.Pd., M.Pd atas dedikasi dalam bidang Inovasi Pembelajaran Biologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., & Soewondo, A. M. (2025). Kajian Sistematis Tentang Implementasi Indigenous Science dalam Pembelajaran IPA. *Bioed: Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(1), 80–92. <https://doi.org/10.25157/jpb.v13i1.18113>
- Adetia, M. F., Alfiah, N., & Aranah, S. N. (2024). Implementasi Nilai-Nilai Pancasila Melalui Budaya Sekolah Dasar di Era Digital. *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 1(3), 12–12. <https://doi.org/10.47134/pgsd.v1i3.518>
- Adnan, Saenab, S., Rahmatullah, Almunawarah, R., & Sahira, S. (2025). The Effect of Citizen Science Project Learning Model on Students' Critical and Creative Thinking Skills. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, 10(2), Article 1. <https://doi.org/10.23947/2334-8496-2025-13-1-51-61>
- Ahwan, M. T. R., Basuki, S., & Mashud. (2023). Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Siswa melalui Aktivitas Kebugaran Jasmani Menggunakan Model Project Based Learning (PjBL) SMA Negeri 3 Banjarbaru. *Jurnal Pendidikan Kesehatan Rekreasi*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7592832>
- Alzubi, A. A. F., Nazim, M., & Ahmad, J. (2025). Identifying English as a foreign language students' attitudes towards improving speaking skills through collaboration. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 19(1), Article 1. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v19i1.21333>
- Anggraeni, D. A., Lisdiana, L., Parmin, P., & Subali, B. (2024). The Effectiveness of Respiratory System E-Module-Based STEM to Improve Conceptual Understanding and Caring Attitudes towards the Dangers of Cigarettes in High School Students. *Unnes Science Education Journal*, 13(2), 101–108. <https://doi.org/10.15294/usej.v13i2.7400>
- Aqeel, M., Shakeel, S., Mehboob, D. I., Aisha, Sajjad, N., & Sahar, M. (2025). Environmental and Medical Challenges of Smog: A Global Perspective With Focus on Pakistan's Esl Education System. *Contemporary Journal of Social Science Review*, 3(1), 1015–1028. <https://doi.org/10.12345/6nhmx276>
- Ayu, M., Nursamsu, N., & Mahyuni, S. R. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran E-Komik pada Mata Pelajaran Biologi Bagi Siswa SMA. *Bioed: Jurnal Pendidikan Biologi*, 12(2), 184–201. <https://doi.org/10.25157/jpb.v12i2.14260>
- Bahri, A., Arifin, A. N., Jamaluddin, A. B., Muharni, A., & Hidayat, W. (2023). Smart Teaching Based on Lesson Study Promoting Student's Digital Literacy in The Rural Area. *European Journal of Educational Research*, 12(2), 901–911. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.12.2.901>
- Bahri, A., Idris, I. S., Ristiana, E., Ihsan, M. I., & Al-Ghifari, A. W. F. (2024). Meningkatkan Kualitas Guru Melalui Pelatihan Pembelajaran Biologi Inovatif Untuk Mendukung Implementasi Kurikulum Merdeka. *Panrannuangku Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(3), 155–160. <https://doi.org/10.35877/panrannuangku3081>
- Bahri, A., Jamaluddin, A. B., M W. H., Ali, S. N., Hasja, A. D., & Ainun, N. A. (2024). Pengembangan Pembelajaran Berdiferensiasi Berbantuan Virtual Reality pada Pembelajaran Biologi. *Sainsmat: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.35580/sainsmat131540402024>

- Bahri, A., Jamaluddin, A. B., Muharni, A., Fikri, M. J. N., & Arifuddin, M. (2021). The Need of Science Learning to Empower High Order Thinking Skills in 21st Century. *Journal of Physics: Conference Series*, 1899(1), 012144. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1899/1/012144>
- Bahri, A., M. W. H., Putra, K. P., Ainun, N. A., & Arifin, N. (2024). The Relationship between Students' Perception to the Learning Media, Digital Literacy Skills, and Self-Regulated Learning with Students' Learning Outcomes in the Rural Area. *Journal of Technology and Science Education*, 14(2), 588–606.
- Bilici, S., & Yilmaz, R. M. (2024). The Effects of Using Collaborative Digital Storytelling on Academic Achievement and Skill Development in Biology Education. *Education and Information Technologies*, 29(15), 20243–20266. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12638-7>
- Chen, Y., Chuang, H.-H., & Lacaste, A. (2021). A Pedagogical Framework of Cross-Cultural Online Collaborative Projects in English as Foreign Language (EFL) Classrooms. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 15(2), Article 2. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v15i2.19950>
- Chey, S. C. L., Sari, N. F., & Chastanti, I. (2025). Analysis of Student's Learning Difficulties in The Implementation of Science Practicum at SMP Negeri 2 Marbau. *International Journal of Cultural and Social Science*, 6(2), 703–709. <https://doi.org/10.53806/ijcss.v6i2.1101>
- Choi, J., Lee, S. E., Bae, J., Kang, S., Choi, S., Tate, J. A., & Yang. (2021). Undergraduate nursing students' experience of learning respiratory system assessment using flipped classroom: A mixed methods study. *Nurse Education Today*, 98, 104664. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104664>
- Cojorn, K., & Sonsupap, K. (2024). A Collaborative Professional Development and Its Impact on Teachers' Ability to Foster Higher Order Thinking. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 18(2), Article 2. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i2.21182>
- Dahlan, N. A., Bahri, A., & Barung, N. (2024). Peningkatan Keterampilan Kolaborasi Peserta didik dalam Pembelajaran IPA Melalui Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Number Head Together (NHT). *Jurnal Pemikiran Dan Pengembangan Pembelajaran*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.31970/pendidikan.v6i2.1059>
- Damayanti, D. F., Solihat, R., & Hidayat, T. (2021). Upaya Meningkatkan Research Skill Siswa melalui Citizen Science Project pada Pembelajaran Biologi SMA. *BIOEDUKASI: Jurnal Pendidikan Biologi*, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.24127/bioedukasi.v12i2.4438>
- Ellianawati, E., Subali, B., Putra, B. R., Wahyuni, S., Dwijananti, P., Adhi, M. A., & Yusof, M. M. M. (2025). Critical thinking and creativity in STEAM-based collaborative learning on renewable energy issues. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 19(1), Article 1. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v19i1.21638>
- Encarnação, J., Teodósio, M. A., & Morais, P. (2021). Citizen Science and Biological Invasions: A Review. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 602980. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.602980>
- Fadillah, N., Bahri, A., & Rauf, I. (2024). Peningkatan Keterampilan Kolaborasi Peserta Didik Pada Mata Pelajaran IPA Kelas VII SMP Negeri 23 Makassar Melalui Penerapan Model Project Based Learning. *Jurnal Pemikiran Dan Pengembangan Pembelajaran*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.31970/pendidikan.v6i2.1154>
- Fajri, I., Yusuf, R., & Yusoff, M. Z. M. (2021). Model Pembelajaran Project Citizen Sebagai Inovasi Pembelajaran Dalam Meningkatkan Keterampilan Abad 21. *JURNAL HURRIAH: Jurnal Evaluasi Pendidikan Dan Penelitian*, 2(3), Article 3. <https://doi.org/10.56806/jh.v2i3.30>
- Feberina, A., Mulyadi, A. W. E., & Haryanti, R. H. (2021). Collaborative Governance in Solving Problem Air Pollution In Indonesia: A Systematic Literature Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 905(1), 012097. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/905/1/012097>

- Fraisl, D., See, L., Fritz, S., Haklay, M., & McCallum, I. (2025). Leveraging The Collaborative Power of AI and Citizen Science for Sustainable Development. *Nature Sustainability*, 8(2), 125–132. <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01489-2>
- Gao, J., Li, J., Geng, Y., & Yan, Y. (2024). Evolving Trends in College Students' Health Education: A Bibliometric Analysis. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, 17, 5375–5406. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S479983>
- Ginanjar, A. E., Anggraeni, A. D., Surjanti, J., Dewi, R. M., & Ghofur, M. A. (2024). Pengembangan bahan ajar majalah interaktif berbantuan augmented reality untuk meningkatkan hasil belajar dan keterampilan kolaborasi siswa. *EQUILIBRIUM: Jurnal Ilmiah Ekonomi Dan Pembelajarannya*, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.25273/equilibrium.v12i2.19545>
- Gusti, U. A., Hidayat, T., Hamidah, N., & Sriyati, S. (2023). Tren Penelitian Pembelajaran Biologi Berbasis Citizen Science untuk Melatihkan Keterampilan Abad 21. *EDUSAINS*, 15(2), Article 2. <https://doi.org/10.15408/es.v15i2.35199>
- Habibunnisa, H., Manalu, K., & Jayanti, U. (2024). Pengaruh Model Project Based Learning (PJBL) Terhadap Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi (Hots) Siswa Smas Budisatrya Pada Materi Ekosistem. *Bioed: Jurnal Pendidikan Biologi*, 12(2), 95–106. <https://doi.org/10.25157/jpb.v12i2.13920>
- Hartono, A. R., Bustan, A., & Farcis, F. (2022). Pengembangan Bahan Ajar Interaktif Menggunakan Google Slide Pada Materi Energi Kelas VII Semester Ganjil Kelas VII di SMP Negeri 8 Palangkaraya. *Bahana Pendidikan: Jurnal Pendidikan Sains*, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.37304/bpmps.v4i2.5144>
- Heafala, A., Ball, L., Rundle-Thiele, S., & Mitchell, L. J. (2024). Through Education, We Can Make Change': A Design Thinking Approach to Entry-Level Dietetics Education Regarding Eating Disorders. *Nutrition & Dietetics*, 81(5), 497–507. <https://doi.org/10.1111/1747-0080.12885>
- Hibatullah, F. A. (2022). Pengaruh Globalisasi terhadap Pembangunan Karakter Generasi Muda Bangsa Indonesia. *Jurnal Pesona Dasar*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.24815/pear.v10i1.24283>
- Hutapea, F., noning agreliya, Ainulhaq, N., & Ginanjar, G. (2025). Studi Awal Penggunaan Media Flashcard Berbasis QR-Code sebagai Upaya Meningkatkan Motivasi Belajar pada Materi Klasifikasi Makhluk Hidup di SMP Islam Tirtayasa. *Bioed: Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(1), 8–18. <https://doi.org/10.25157/jpb.v13i1.17197>
- Ikhtiar, T., Jaya, A., Zahratina, H. R., Madalena, D. K., Putri, N., & Suryanda, A. (2022). Analisis Implementasi Kurikulum Merdeka pada Pembelajaran Biologi di Sekolah Urban. *Jurnal Penelitian, Pendidikan dan Pengajaran: JPPP*, 3(3), Article 3. <https://doi.org/10.30596/jppp.v3i3.12940>
- Ilham, M., Hidayat, P. W., & Aprizan, A. (2025). Project-Based Learning Model Improves Mathematics Outcomes of Grade IV Students. *Academia Open*, 10(2), 10.21070/acopen.10.2025.11889-10.21070/acopen.10.2025.11889. <https://doi.org/10.21070/acopen.10.2025.11889>
- Inzani, D. A., Nurhayati, N., & Bahri, A. (2023). Menerapkan Model Project Based Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar Biologi Peserta Didik di Kelas X SMA Negeri 1 Pangkep. *Jurnal Pemikiran Dan Pengembangan Pembelajaran*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.31970/pendidikan.v5i2.692>
- Jönsson, M., Kasperowski, D., Coulson, S. J., Nilsson, J., Bina, P., Kullenberg, C., Hagen, N., van der Wal, R., & Peterson, J. (2024). Inequality Persists in a Large Citizen Science Programme Despite Increased Participation Through ICT Innovations. *Ambio*, 53(1), 126–137. <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01917-1>
- Kaewhanam, K., Kaewhanam, P., Pongsiri, A., Intanin, J., Kamolkat, S., & Thongmual, N. (2023). Citizen Engagement and Collaboration: The Key to Promoting Learning City. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 17(1), Article 1. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v17i1.20650>

- Karousiou, C., Vrikki, M., & Evagorou, M. (2025). Teachers' Perceptions on Introducing Sensitive and Controversial Issues in The Classroom. *Frontiers in Education*, 10, 1481173. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1481173>
- Liu, X., & Huang, D. (2025). A Mixed-Methods Exploration of Social Network Diversity, Collaboration, and Job Satisfaction Among New Teachers in Urban China. *BMC Psychology*, 13(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/s40359-025-02872-0>
- Marmoah, S., Gestardi, R., Sarwanto, S., Chumdari, C., & Maryani, I. (2022). A Bibliometric Analysis of Collaboration Skills in Education (2019-2021). *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 16(4), Article 4. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v16i4.20337>
- Muhammad, A., Bahri, A., & Palennari, M. (2021). Project-Based Learning (PJBL) Berbasis Strategi Motivasi, Attention, Relevance, Confidence, Satisfaction (ARCS) dan Pengaruhnya terhadap Motivasi dan Sikap Ilmiah Biologi pada Materi Perubahan Lingkungan yang telah Dieksperimenkan di Kelas X MIPA SMA Negeri 11 Pinrang. *Biology Teaching and Learning*, 4(2), Article 2.
- Mukaromah, S., Nugrahani, F., & Sudiyana, B. (2025). Pendidikan Karakter dalam Teks Cerita Anak Pada Buku Ajar Bahasa Indonesia di Sekolah Dasar sebagai Penguatan Profil Pelajar Pancasila. *ELSE (Elementary School Education Journal): Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sekolah Dasar*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.30651/else.v9i1.23502>
- Murtopo, N. A., Bahri, A., & Barung, N. (2024). Peningkatan Keterampilan Kolaborasi Dengan Penggunaan Aplikasi PhET Simulasi Dalam Pembelajaran IPA SMP. *Jurnal Pemikiran Dan Pengembangan Pembelajaran*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.31970/pendidikan.v6i2.1153>
- Nabillah, N., Marjanah, M., & Ariska, R. N. (2025). Pengaruh Model Pembelajaran Snowball Throwing Berbantuan Media Poster Infografis Terhadap Hasil Belajar Siswa di SMP IT Tadzkia Langsa. *Bioed : Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(1), 47–57. <https://doi.org/10.25157/jpb.v13i1.17728>
- Nugraha, S. E., Kurniawati, Z. L., Lumowa, S. V. T., & Turista, D. D. R. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Game Based Learning Berbantuan Media Baamboozle terhadap Motivasi dan Hasil Belajar Biologi Kelas X SMA 2 Tenggarong Sebrang. *Bioed: Jurnal Pendidikan Biologi*, 12(2), 144–153. <https://doi.org/10.25157/jpb.v12i2.15517>
- Nuridin, R. A., Kadir, J., Wungubelen, A. L., Bahri, A., & Masni, M. (2024). Model Pembelajaran Problem-Based Learning (PBL) Berbasis InvestigationBased Scientific Collaborative (IBSC) untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Siswa. *Indonesian Research Journal on Education*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.31004/irje.v5i1.1862>
- Nurgufriani, A., Adiansha, A. A., & Fuadi, M. (2025). Kajian Literatur tentang Peran Model Challenge-Based Learning dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Kolaboratif. *Kamboti Journal of Education Research and Development*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/10.30598/kambotiv5i1p1-9>
- Pradnyana, I. K. A., Agustini, K., & Santyasa, I. W. (2021). Pengembangan E-Modul Interaktif Kolaboratif Pada Mata Pelajaran Komputer Dan Jaringan Dasar. *Jurnal Jendela Pendidikan*, 1(04), Article 04. <https://doi.org/10.57008/jjp.v1i04.24>
- Ramadhani, D., Karim, H., & Bahri, A. (2023). Pengembangan Ensiklopedia Tumbuhan Familia Lamiaceae Sebagai Sumber Belajar Biologi. *Oryza (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.33627/oz.v2i2.1109>
- Rosani, M., Lestari, N. D., & Valianti, R. M. (2025). Transformation of Education to Welcome the Golden Generation Of Indonesia 2045. *JMKSP (Jurnal Manajemen, Kepemimpinan, Dan Supervisi Pendidikan)*, 10(1), 407–427. <https://doi.org/10.31851/jmksp.v10i1.18895>
- Sahira, S., Muis, A., & Adnan, A. (2023). Analisis Kebutuhan Pengembangan Buku Berbasis Citizen Science Project (CSP) pada Pembelajaran Biologi SMAN. *Prosiding Seminar Nasional Biologi: Inovasi Sains & Pembelajarannya*, 11(1). <https://journal.unm.ac.id/index.php/semnasbio/article/view/963>

- Sakinah, P., Marjanah, M., & Mahyuni, S. R. (2025). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Model Problem Based Learning (PBL) Berbasis Media Flipbook. *Bioed: Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(1), 93–98. <https://doi.org/10.25157/jpb.v13i1.18309>
- Sanabria-Z, J., Santana-Castellón, E., Olivo, P., Molina-Espinoza, J. M., Artemova, I., Irwin, T., Kossoff, G., Sánchez-Ruano, D., Succini, L., Velarde-Camaqui, D., Platero-Fernández, N. G., Quintero, L., Alvarez-Icaza Longoria, I., Montanari, C., Valle, L., & Sánchez-Salgado, L. A. (2025). HUMETAV model for citizen science initiatives: Designing socio-ecological projects to foster awareness. *Frontiers in Education*, 10, 1392118. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1392118>
- Saroh, M., Marjanah, M., & Wahyuni, A. (2025). Pengaruh Model Problem Based Learning (PBL) Berbasis Media Infografis Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Muhammadiyah Langsa. *Bioed : Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(1), 19–26. <https://doi.org/10.25157/jpb.v13i1.17125>
- Sendi, S., Hernawati, D., & Aradea, A. (2025). Eksplorasi Implementasi Dimensi Gotong Royong dalam Profil Pelajar Pancasila pada Pembelajaran IPA di Sekolah Menengah Pertama. *Jurnal Metaedukasi: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.37058/metaedukasi.v7i1.16222>
- Suaidiah, S., Jamaluddin, J., & Hardiana, H. (2024). Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi dan Hasil Belajar Biologi di SMAN 7 Mataram Tahun Ajaran 2022/2023. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(1), 278–284. <https://doi.org/10.29303/jipp.v9i1.1883>
- Supriadi, S., Nuriani, N., Rudiawan, R., & Bahri, A. (2023). Peran Project Based Learning dalam Meningkatkan Keterampilan Kolaboratif pada Mata Pelajaran Biologi. *Prosiding Seminar Nasional Biologi: Inovasi Sains & Pembelajarannya*, 11(1), Article 1. <https://journal.unm.ac.id/index.php/semnasbio/article/view/974>
- Tiago, P., Leal, A. I., Rosário, I. T., & Chozas, S. (2024). Discovering Urban Nature: Citizen Science and Biodiversity on A University Campus. *Urban Ecosystems*, 27(5), 1609–1621. <https://doi.org/10.1007/s11252-024-01526-0>
- Uskola, A., Zamalloa, T., & Achurra, A. (2024). Using Multiple Strategies in Deepening the Understanding of the Digestive System. *Journal of Biological Education*, 58(2), 364–382. <https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2064896>
- Wahyuni, I. S., Bahri, A., & Palennari, M. (2024). The Effect of Discovery Learning Model Assisted by Liveworksheet on Biology Learning Independence of Class XI SMA. *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 16(2), Article 2. <https://doi.org/10.25134/quagga.v16i2.316>
- Wakhudin, W., Barir, B., Rukhmana, T., Ikhlas, A., Sartika, D., & Muarif, S. (2024). Model Pembelajaran Investigasion Based Scientific Collaborative (IBSC) untuk Melatih Ketrampilan Komunikasi dan Kolaborasi Siswa. *Indonesian Research Journal on Education*, 4(3), 496–503. <https://doi.org/10.31004/irje.v4i3.746>
- Wijaya, A. K., Nugraha, R. S., & Khomarudin, K. (2024). Transformasi Digital Pembelajaran Project Citizen: Strategi Meningkatkan Keterampilan Intelektual Siswa di Era Society. *IJTIMAIYA: Journal of Social Science and Teaching*, 8(2), Article 2. <https://doi.org/10.21043/ji.v8i2.28692>
- Yurniati, A., Putri, N. Y., Sausan, S., & Suriani, A. (2025). Mempersiapkan Generasi Emas 2045: Pentingnya Literasi Digital Sejak SD. *RISOMA : Jurnal Riset Sosial Humaniora Dan Pendidikan*, 3(4), 137–144. <https://doi.org/10.62383/risoma.v3i4.834>