

Pengembangan Modul Pembelajaran Biologi Berbasis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas X SMK Negeri 1 Gunungsitoli Alo'oa Tahun Pembelajaran 2024/2025

Tri Jon Ade Irman Laoli^{1*} Dirikan Hati Daeli² Jun Mestika Fati Hia³

^{1,2,3} Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

corresponding author: trijon-ailaoli@gmail.com

Abstrak

Rendahnya keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar siswa merupakan masalah utama dalam pembelajaran biologi, diperparah oleh belum tersedianya modul pembelajaran yang memfasilitasi belajar mandiri. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul biologi berbasis keterampilan berpikir kritis pada materi ekosistem yang layak digunakan serta mengetahui respons siswa terhadap modul tersebut. Penelitian *Research and Development* (R&D) ini mengacu pada model Borg and Gall yang dimodifikasi menjadi sembilan tahapan, mulai dari studi pendahuluan hingga penyempurnaan produk akhir. Data kuantitatif dan kualitatif dikumpulkan melalui lembar validasi oleh empat validator (ahli materi, guru bidang studi, ahli bahasa, dan ahli desain), angket kelayakan modul, dan angket respons dari 34 siswa kelas X SMK Negeri 1 Gunungsitoli Alo'oa. Hasil pengembangan menunjukkan bahwa modul mencapai tingkat kevalidan 100% dari seluruh validator. Uji coba skala luas oleh siswa menunjukkan tingkat kelayakan 95% (kategori sangat kuat), dan respons siswa mencapai 82% (kategori sangat kuat). Modul biologi berbasis berpikir kritis ini terbukti sangat layak digunakan dalam pembelajaran untuk mendukung kemandirian belajar siswa.

Kata kunci: Modul Pembelajaran, Biologi, Berpikir Kritis, Ekosistem

Abstract

Low critical thinking skills and student learning outcomes are major problems in biology learning, exacerbated by the lack of learning modules that facilitate independent learning. This study aims to develop a biology module based on critical thinking skills on ecosystem material that is suitable for use and to determine student responses to the module. This *Research and Development* (R&D) study refers to the Borg and Gall model modified into nine stages, starting from preliminary studies to final product refinement. Quantitative and qualitative data were collected through validation sheets by four validators (material experts, subject teachers, linguists, and design experts), a module feasibility questionnaire, and response questionnaires from 34 grade X students of SMK Negeri 1 Gunungsitoli Alo'oa. The development results showed that the module achieved a validity level of 100% from all validators. Large-scale trials by students showed a feasibility level of 95% (very strong category), and student responses reached 82% (very strong category). This critical thinking-based biology module proved very suitable for use in learning to support student learning independence.

Keyword: Learning Module, Biology, Critical Thinking, Ecosystem

Article History:

Received:

20 Desember 2024

Revised:

23 Januari 2025

Accepted:

22 Februari 2025

Published:

11 Februari 2025



This is an open access article under by [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Copyright © by Laoli et al. Published by Program Studi Pendidikan Biologi-FKIP, Universitas Nias.

Pendahuluan

Pembelajaran abad ke-21 menuntut transformasi paradigma pendidikan dari *teacher-centered* menuju *student-centered* yang inovatif, di mana guru berperan sebagai fasilitator dan siswa aktif membangun pengetahuannya sendiri (Loyens et al., 2023; Rigling et al., 2021). Salah satu kompetensi esensial yang harus dikuasai siswa adalah keterampilan berpikir kritis, yang didefinisikan sebagai respons rasional terhadap pertanyaan yang tidak dapat dijawab secara definitif dan memungkinkan seseorang memiliki dasar dalam pengambilan keputusan (Lucas-Palacios et al., 2023; Sari et al., 2024). Namun, fakta di lapangan menunjukkan bahwa

pembelajaran biologi sebagai proses, sikap, dan aplikasi seringkali tidak tersentuh, sehingga keterampilan berpikir kritis peserta didik menjadi rendah (Zebua, 2024). Secara global, studi *Programme for International Student Assessment* (PISA) menunjukkan bahwa prestasi sains Indonesia berada pada posisi ke-62 dari 72 negara, mengindikasikan rendahnya kemampuan penalaran dan analitis siswa (OECD, 2019).

Kondisi serupa juga terjadi di SMK Negeri 1 Gunungsitoli Alo'oa, khususnya pada mata pelajaran biologi. Hasil observasi dan wawancara dengan guru pengampu pada Januari 2019 mengungkapkan bahwa penyajian materi masih bertitik tolak pada metode ceramah dan tanya jawab yang tidak bervariasi (Gulo, 2024; Laoli, 2024). Pembelajaran yang masih berpusat pada guru ini berdampak langsung pada rendahnya minat siswa, kurangnya partisipasi aktif dalam menjawab pertanyaan, serta ketidakmampuan siswa dalam memberikan alasan dari jawaban yang diberikan (Zebua et al., 2024). Akibatnya, rata-rata hasil belajar siswa kelas X pada ujian akhir semester ganjil tahun pembelajaran 2018/2019 masih berada di bawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) 70. Di sisi lain, guru biologi mengalami kesulitan dalam menciptakan sumber belajar mandiri yang efektif, sementara siswa hanya bergantung pada buku teks yang sulit dipahami secara mandiri (Gulo, 2024).

Kesenjangan antara kondisi ideal pembelajaran yang memberdayakan berpikir kritis dan realitas pembelajaran pasif di sekolah menuntut adanya pengembangan bahan ajar yang inovatif (N. Zebua, Mualiyah, et al., 2024). Salah satu solusi potensial adalah modul, yang didefinisikan sebagai paket program belajar yang disusun dalam satuan tertentu dan dirancang agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa bimbingan langsung dari guru (Mahanan et al., 2022; Munna, 2023; Paul Telussa & Tamaela, 2023). Modul yang baik harus memenuhi karakteristik *self-instruction*, *self-contained*, *stand alone*, *adaptive*, dan *user friendly* (Depdiknas, 2008). Dengan karakteristik tersebut, modul dapat menjadi wahana untuk melatih siswa memecahkan masalah melalui tahapan berpikir kritis, seperti analisis dan evaluasi, yang sangat dibutuhkan pada materi kontekstual seperti ekosistem (Waruwu et al., 2023).

Materi ekosistem dipilih karena bersifat kontekstual dan berkaitan dengan permasalahan dunia nyata, sesuai dengan Kompetensi Dasar (KD) pengetahuan 3.9 yang menuntut kemampuan analisis terhadap ekosistem dan semua interaksinya. Untuk mencapai KD tersebut, langkah-langkah pembelajaran harus menuntun siswa untuk merumuskan, menganalisis, dan memecahkan masalah dengan mengajukan gagasan, sehingga model pembelajaran yang diintegrasikan harus mampu melatih kemampuan berpikir kritis (Lahagu & Harefa, 2024; Waruwu & Zendrato, 2024a; Zega & Telaumbanua, 2024). Integrasi aspek berpikir kritis ke dalam modul tidak hanya memfasilitasi pemahaman konsep, tetapi juga melatih aspek kognitif seperti interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri (Wulandari et al., 2021). Oleh karena itu, modul yang dikembangkan harus secara eksplisit memuat aktivitas yang merangsang keenam aspek tersebut (Waruwu & Zendrato, 2024b).

Beberapa penelitian sebelumnya telah membuktikan efektivitas modul dan pembelajaran berpikir kritis. Pembelajaran kontekstual berbasis masalah mampu menyetarakan penguasaan konsep antara siswa berketerampilan akademik rendah dan tinggi. Sementara itu, Prasetyo et al. (2021) mengembangkan modul berbasis keterampilan berpikir kritis untuk memberdayakan

hasil belajar siswa pada materi sistem gerak. Namun, penelitian dan pengembangan modul biologi berbasis keterampilan berpikir kritis untuk siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), khususnya pada materi ekosistem dengan mempertimbangkan potensi lokal, masih sangat terbatas. Keterbatasan ini menjadi celah riset yang penting untuk diisi, mengingat karakteristik dan kebutuhan belajar siswa SMK yang vokasional dan kontekstual berbeda dengan siswa SMA pada umumnya.

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, penelitian ini memfokuskan diri pada dua pertanyaan utama. Pertama, bagaimana tingkat kelayakan modul pembelajaran biologi berbasis keterampilan berpikir kritis yang dikembangkan berdasarkan penilaian para ahli, guru bidang studi, dan siswa? Kedua, bagaimana respons siswa terhadap penggunaan modul tersebut? Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah modul pembelajaran yang valid dan mengetahui respons siswa, dengan harapan dapat menyediakan sumber belajar mandiri yang mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar biologi siswa SMK. Spesifikasi modul yang dihasilkan diharapkan sesuai dengan Kurikulum 2013, menyajikan materi ekosistem secara kontekstual, dan memandu siswa melalui aktivitas berpikir kritis yang terstruktur.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) yang mengadopsi model Borg and Gall (Sugiyono, 2013). Model ini dimodifikasi menjadi sembilan tahapan, yaitu: (1) studi pendahuluan, (2) perencanaan, (3) pengembangan draf produk awal, (4) validasi ahli, (5) revisi produk tahap I, (6) uji coba perseorangan, (7) uji coba kelompok kecil, (8) uji coba skala luas, dan (9) penyempurnaan produk akhir. Pemangkasan satu tahap, yaitu desiminasi, dilakukan karena keterbatasan waktu dan biaya penelitian. Data yang dikumpulkan terdiri dari data kuantitatif sebagai data utama dan data kualitatif sebagai data pendukung dari saran dan masukan validator.

Subjek uji coba dalam penelitian ini adalah siswa kelas X ATPH SMK Negeri 1 Gunungsitoli Alo'oa tahun pembelajaran 2018/2019 yang berjumlah 34 orang. Subjek untuk uji coba perseorangan dipilih sebanyak tiga orang, dan untuk uji coba kelompok kecil dipilih sebanyak 10 orang dari populasi yang sama dengan memperhatikan variasi tingkat kemampuan akademik (tinggi, sedang, rendah). Validator produk terdiri dari empat orang ahli, yaitu: satu dosen biologi IKIP Gunungsitoli sebagai ahli materi, satu guru biologi SMK sebagai praktisi, satu guru bahasa Indonesia sebagai ahli bahasa, dan satu dosen komputer sebagai ahli desain grafis.

Prosedur pengembangan diawali dengan studi pendahuluan berupa studi literatur dan studi lapangan. Studi literatur dilakukan untuk menganalisis Kurikulum 2013, Kompetensi Inti (KI), dan Kompetensi Dasar (KD) pada materi ekosistem, serta merumuskan indikator pencapaian kompetensi. Studi lapangan dilakukan melalui observasi dan wawancara untuk mengidentifikasi kebutuhan guru dan siswa, serta menganalisis bahan ajar yang sudah ada. Tahap perencanaan mencakup identifikasi kebutuhan instruksional, pemilihan format modul, dan penyusunan instrumen penelitian. Pengembangan draf awal menghasilkan modul yang memuat komponen: judul, pendahuluan (KI, KD, deskripsi, petunjuk penggunaan, tujuan

akhir), materi ekosistem yang diintegrasikan dengan aspek berpikir kritis, latihan soal, tes formatif, kunci jawaban, dan glosarium.

Instrumen pengumpulan data yang digunakan adalah lembar validasi modul, lembar penilaian kelayakan modul oleh siswa, dan angket respons siswa. Lembar validasi disusun menggunakan skala Likert 1-4, yang mencakup aspek kesesuaian materi dengan KI-KD, kebenaran dan kedalaman konsep, teknik penyajian, pendukung penyajian, serta aspek kebahasaan dan desain grafis. Semua instrumen ini telah ditelaah dan divalidasi isinya oleh para ahli sebelum digunakan. Data skor dari para validator dan siswa dikonversi dari data kualitatif menjadi kuantitatif dengan ketentuan: Sangat Baik = 4, Baik = 3, Kurang = 2, dan Sangat Kurang = 1. Analisis data kelayakan dilakukan dengan menghitung persentase skor yang diperoleh terhadap skor maksimum, yaitu $N/n \times 100\%$. Hasil persentase tersebut kemudian diinterpretasikan ke dalam kriteria kualitatif skala lima menurut Riduwan (2014), yaitu: 0%–20% (Sangat Lemah), 21%–40% (Lemah), 41%–60% (Cukup), 61%–80% (Kuat), dan 81%–100% (Sangat Kuat).

Hasil

Produk yang dihasilkan dari penelitian ini adalah sebuah modul pembelajaran biologi berbasis keterampilan berpikir kritis pada materi ekosistem untuk siswa kelas X SMK. Modul memiliki struktur lengkap yang dimulai dari halaman sampul (*cover*), kata pengantar, petunjuk penggunaan modul yang memuat KI, KD, dan peta konsep, serta bagian isi yang mengintegrasikan materi ekosistem dengan tahapan model berpikir kritis. Setiap sub materi dilengkapi dengan latihan soal yang secara spesifik dirancang untuk melatih aspek interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan pengaturan diri.

Hasil validasi produk oleh para ahli melalui beberapa tahap revisi menunjukkan peningkatan kualitas yang signifikan. Data hasil validasi disajikan pada Gambar 1. Hasil kelayakan oleh ahli materi pada revisi ketiga mencapai tingkat kevalidan 100% (skor rata-rata 4,0), setelah melalui revisi yang mencakup perbaikan kesesuaian tujuan dan indikator, penambahan materi, serta pengarahan konsep ke masalah yang akan dibahas. Hasil kelayakan oleh guru bidang studi mencapai kevalidan 100% (skor rata-rata 4,0) pada revisi kedua, dengan saran utama menyesuaikan materi dengan tingkat kemampuan kognitif siswa SMK. Validasi oleh ahli bahasa mencapai kevalidan 100% (skor rata-rata 4,0) pada revisi ketiga, yang berfokus pada perbaikan tata tulis, konsistensi huruf kapital, dan penambahan keterangan sumber gambar. Sementara itu, ahli desain memberikan penilaian kevalidan 100% (skor rata-rata 4,0) pada revisi kedua, menitikberatkan pada penggantian gambar yang kurang jelas dan penataan ulang tata letak sampul agar lebih representatif dan menarik (Zebua et al., 2025b).

Uji coba produk kepada siswa dilakukan dalam tiga tahap. Hasil uji coba perseorangan terhadap tiga orang siswa menunjukkan tingkat kelayakan 66% (kategori "Lemah"), yang mengindikasikan perlunya revisi pada aspek keterbacaan dan kejelasan instruksi. Setelah direvisi, uji coba kelompok kecil pada sepuluh orang siswa menghasilkan tingkat kelayakan 70% (kategori "Kuat"). Pada uji coba skala luas yang melibatkan seluruh siswa kelas X ATPH, tingkat kelayakan modul melonjak drastis menjadi 95% (kategori "Sangat Kuat"). Data ini menunjukkan bahwa modul telah memenuhi kriteria bahan ajar yang efektif dan menarik setelah melalui proses revisi berkelanjutan.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Uji Coba Modul oleh Siswa

Tahap Uji Coba	Jumlah Subjek	Persentase Skor	Kategori
Perseorangan	3	66%	Lemah
Kelompok Kecil	10	70%	Kuat
Skala Luas	34	95%	Sangat Kuat

Analisis angket respons siswa terhadap penggunaan modul berbasis keterampilan berpikir kritis diukur dari dua aspek utama, yaitu aspek materi dan media. Dari 34 siswa yang mengisi angket, diperoleh rata-rata persentase respons positif sebesar 82%. Hasil ini masuk dalam kategori "Sangat Kuat", yang menunjukkan bahwa mayoritas siswa memberikan tanggapan yang sangat positif. Mereka merasa bahwa modul lebih bermanfaat, memotivasi belajar, membuat materi lebih mudah diingat, dan secara keseluruhan membuat pelajaran biologi lebih menarik untuk dipelajari.

Pembahasan

Tingkat kevalidan sempurna (100%) yang dicapai dari keempat validator ahli menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan telah memenuhi standar kelayakan ideal dari aspek materi, bahasa, dan desain (Harefa, 2023). Pencapaian ini merupakan hasil dari proses revisi iteratif yang ketat, di mana setiap masukan dari validator dijadikan dasar perbaikan. Hal ini sejalan dengan karakteristik modul yang dikemukakan oleh Depdiknas, khususnya *self-instruction* dan *user friendly* (N. A. Zega & Sitanggang, 2024). Aspek *self-instruction* terpenuhi karena modul telah memuat tujuan pembelajaran yang jelas, uraian materi yang dikemas dalam unit-unit spesifik, serta dilengkapi soal latihan dan umpan balik. Temuan ini diperkuat oleh penelitian Lestari (2013) yang menegaskan bahwa modul yang memenuhi karakteristik *self-instruction* memungkinkan siswa belajar secara tuntas tanpa bergantung pada pihak lain (Zebua et al., 2024).

Secara spesifik, validasi ahli bahasa yang berfokus pada kejelasan struktur kalimat dan penggunaan bahasa komunikatif berkontribusi pada karakter *user friendly*. Modul yang menggunakan bahasa sederhana dan mudah dimengerti akan menurunkan beban kognitif siswa, sehingga energi mental mereka dapat terfokus pada pemahaman konsep yang kompleks (Sarwandi et al., 2023). Dari sisi desain, saran untuk mengganti gambar yang kabur dan menata ulang sampul agar lebih representatif selaras dengan prinsip pengembangan bahan ajar cetak yang dikemukakan Thomas et al. (2020), yaitu bahwa daya tarik visual adalah elemen kunci untuk menarik perhatian dan memotivasi peserta didik. Perpaduan harmonis antara konten yang valid, bahasa yang komunikatif, dan desain yang menarik inilah yang menjadi fondasi kelayakan modul ini.

Peningkatan signifikan pada persentase kelayakan modul dari uji perseorangan (66%) hingga uji skala luas (95%) menjadi temuan yang menarik. Pada uji perseorangan dan kelompok kecil, masukan dari siswa menjadi data kualitatif yang sangat berharga untuk mengidentifikasi titik-titik ambigu dalam modul, seperti petunjuk pengerjaan tugas yang kurang jelas atau kalimat yang sulit dipahami (N. Zebua, Ibrohim, et al., 2025). Proses revisi

berbasis pengguna (*user-centered revision*) ini krusial dan seringkali terlewatkan dalam pengembangan bahan ajar (Ziraluo, 2025a). Penelitian ini membuktikan bahwa modul yang telah lolos validasi ahli pun masih memerlukan penyesuaian dari perspektif pengguna akhir, yang dalam hal ini adalah siswa. Temuan ini sejalan dengan penelitian Puspitasari (2014) yang menekankan pentingnya uji coba berlapis untuk mendapatkan modul yang benar-benar adaptif dan mudah digunakan oleh target pengguna.

Tingginya respons positif siswa (82%) terhadap modul merupakan indikator kuat bahwa pendekatan berpikir kritis yang diintegrasikan dalam modul berhasil menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna. Siswa merasa lebih termotivasi dan aktif karena modul tidak sekadar menyajikan teks untuk dihafal, melainkan menyajikan serangkaian pertanyaan dan fenomena yang mendorong mereka untuk melakukan interpretasi, analisis, dan evaluasi (Ziraluo, 2025b). Belajar yang efektif terjadi ketika siswa diajak untuk mengalami proses asimilasi yang bermakna dan memahami hubungan antar konsep melalui proses intuitif, bukan dengan menghafal (Zebua et al., 2025). Dengan demikian, modul ini tidak hanya berfungsi sebagai penyampai informasi, tetapi juga sebagai alat untuk menumbuhkan disposisi berpikir kritis.

Meskipun hasil penelitian ini sangat positif, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diakui. Pertama, penelitian ini hanya sampai pada tahap uji skala luas dan menghasilkan produk akhir, tanpa melakukan diseminasi dan uji efektivitas secara eksperimental. Kedua, pengumpulan data respons siswa hanya mengandalkan angket dan tidak divalidasi silang dengan observasi perilaku belajar atau wawancara mendalam (Ziraluo, 2020). Ketiga, pengembangan modul hanya terbatas pada satu materi, yaitu ekosistem. Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya sangat direkomendasikan untuk melakukan uji efektivitas modul dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis secara nyata melalui desain eksperimen kuasi. Pengembangan modul untuk materi biologi lain atau pada jenjang pendidikan yang berbeda juga merupakan peluang besar untuk kontribusi ilmiah yang lebih luas.

Penutup

Pengembangan modul pembelajaran biologi berbasis keterampilan berpikir kritis pada materi ekosistem telah berhasil menghasilkan produk yang dinyatakan sangat layak oleh ahli materi, guru, ahli bahasa, dan ahli desain, dengan tingkat kevalidan sempurna. Proses uji coba berjenjang membuktikan bahwa revisi berbasis masukan pengguna akhir mampu meningkatkan tingkat penerimaan modul secara signifikan, dari kategori "Lemah" menjadi "Sangat Kuat". Respons siswa yang sangat positif mengonfirmasi bahwa modul ini menarik, memotivasi, dan membantu mereka dalam memahami konsep biologi secara mandiri serta melatih cara berpikir kritis. Dengan demikian, modul ini dapat diadopsi sebagai suplemen bahan ajar untuk mengatasi keterbatasan sumber belajar dan mendorong kemandirian siswa dalam proses pembelajaran.

Referensi

Gulo, A. (2024). Penerapan Strategi Pembelajaran Active Knowledge Sharing untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Pelajaran IPA Terpadu SMP Negeri 1

- Ulumoro'o Tahun Pembelajaran 2023/2024. *GEN BIONIX: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 2(1), 43–54. <https://doi.org/10.56207/genbionix.v2i1.808>
- Gulo, Y. (2024). Efektivitas Model Pembelajaran Group Investigation dalam Meningkatkan Hasil Belajar IPA Terpadu Siswa SMP. *GEN BIONIX: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 2(1), 27–34. <https://doi.org/10.56207/genbionix.v2i1.805>
- Harefa, A. R. (2023). Pengembangan Lembar Peserta Didik IPA Berbasis Inkuiri Pada Materi Pencemaran Lingkungan Kelas VII SMP. *GEN BIONIX: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 1(1), 32–40. <https://ojs.unias.ac.id/index.php/gb/article/view/226>
- Lahagu, F., & Harefa, A. R. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Inquiry terhadap Pemahaman Konsep IPA Siswa SMA Negeri 1 Lotu Tahun Pelajaran 2023/2024. *GEN BIONIX: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.56207/genbionix.v2i1.802>
- Laoli, Y. (2024). Peningkatan Hasil Belajar dan Kemampuan Pemecahan Masalah Biologi Siswa SMA melalui Model Problem Based Learning. *GEN BIONIX: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 2(1), 18–26. <https://doi.org/10.56207/genbionix.v2i1.804>
- Loyens, S. M. M., van Meerten, J. E., Schaap, L., & Wijnia, L. (2023). Situating Higher-Order, Critical, and Critical-Analytic Thinking in Problem- and Project-Based Learning Environments: A Systematic Review. *Educational Psychology Review*, 35(2), 39. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09757-x>
- Lucas-Palacios, L., Trabajo-Rite, M., & Delgado-Algarra, E. J. (2023). Heritage education in initial teacher training from a feminist and animal ethics perspective. A study on critical-empathic thinking for social change. *Teaching and Teacher Education*, 129. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104153>
- Mahanan, M. S., Ibrahim, N. H., Surif, J., Ismail, N., Hanri, C., Ahamad, M. K. A., & Serman, N. S. (2022). Home fertilizer teaching module for Aborigine people. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 11(2), 972–976. <https://doi.org/10.11591/ijere.v11i2.22118>
- Munna, A. S. (2023). Instructional Leadership and Role of Module Leaders. *International Journal of Educational Reform*, 32(1), 38–54. <https://doi.org/10.1177/10567879211042321>
- OECD. (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. OECD. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- Paul Telussa, R., & Tamaela, K. A. (2023). Science E-Module Based on Ethnoscience. *International Journal of Elementary Education*, 7(4), 657–665. <https://doi.org/10.23887/ijee.v7i4.70120>
- Prasetyo, D., Marianti, A., & Alimah, S. (2021). Improvement of Students' Science Literacy Skills Using STEM-Based E-Modules. *Journal of Innovative Science Education*, 10(2), 216–221. <https://doi.org/10.15294/JISE.V9I3.43539>
- Rigling, C., Wood, T., & Thier, M. (2021). Field studies: inspiring critical-thinking global citizens. *Multicultural Education Review*, 13(3), 260–272. <https://doi.org/10.1080/2005615X.2021.1996943>

- Sari, M. P., Muttaqin, A., Putri, R. E., & Oktavia, R. (2024). Integrating Ethnoscience on Critical-Thinking Oriented Web-Based E-Module of Secondary School Science. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(1), 371–384. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i1.5928>
- Sarwandi, S., Siagian, M. V., & Andriyani, M. (2023). Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis Pembelajaran Berbasis Masalah Pada Mata Kuliah Evaluasi Pembelajaran. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran (JRPP)*, 6(4).
- Thomas, F., Pixa, N. H., Berger, A., Cheng, M.-Y., Doppelmayr, M., & Steinberg, F. (2020). Neither Cathodal nor Anodal Transcranial Direct Current Stimulation on the Left Dorsolateral Prefrontal Cortex alone or Applied During Moderate Aerobic Exercise Modulates Executive Function. *Neuroscience*, 443, 71–83. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2020.07.017>
- Waruwu, D., Suzanti, F., & Mahadi, I. (2023). Development of Inquiry-Based Student Worksheets on Ecosystem Materials for the High School Level. *Scaffolding: Jurnal Pendidikan Islam Dan Multikulturalisme*, 5(1), 123–141. <https://doi.org/10.37680/scaffolding.v5i1.2346>
- Waruwu, D., & Zendrato, S. (2024a). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPA Siswa SMP Negeri 1 Gunungsitoli Alo'oa Tahun Pelajaran 2023/2024. *GEN BIONIX: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 2(1), 34–42.
- Waruwu, D., & Zendrato, S. (2024b). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPA Siswa SMP Negeri 1 Gunungsitoli Alo'oa Tahun Pelajaran 2023/2024. *GEN BIONIX: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 2(1), 34–42. <https://doi.org/10.56207/genbionix.v2i1.806>
- Wulandari, R., Jatmiko, B., Budiyanto, M., Hariyono, E., Lestari, N. A., & Prahani, B. K. (2021). A Critical Thinking Skill Profile of Science Education Undergraduate Student in Basic Physics. *Journal of Physics: Conference Series*, 2110(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2110/1/012030>
- Zebua, E. (2024). Penerapan Mind Mapping untuk Meningkatkan Motivasi, Kemandirian, dan Hasil Belajar Biologi XI IPA Gunungsitoli Idanoi. *GEN BIONIX: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 2(1), 55–66. <https://doi.org/10.56207/genbionix.v2i1.809>
- Zebua, N., Ibrohim, I., & Sulisetijono, S. (2025). Exploring the Level of AI (Artificial Intelligence) Digital Literacy and Creative Thinking Skills in High School Students. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(1), 510–520. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i1.14782>
- Zebua, N., Malik, P. F. P., Al-Hilmiyah, N. A.-A., Zebua, E. N. K., Pebrianti, P. E., Sari, M. S., & Rudiyanto, R. (2024). Analisis Penggunaan Metode Gamifikasi untuk Meningkatkan Motivasi dan Hasil Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran IPA-Biologi. *Jurnal Cakrawala Pendidikan Dan Biologi*, 1(4), 183–188. <https://doi.org/10.61132/jucapenbi.v1i4.80>
- Zebua, N., Mualiyah, S., Sawu, M. S. M., Kurnianto, W. A., Yanto, P. N. F., Sarawati, T., Sineri, A. Y., Nitbani, F. R. P., Wulandari, L. A., Salsabila, N. F., Kurniawan, Y., Mere, S. Y., Nurjanah, F., Yuanda, Y., & Muhtaj, M. (2024). *Pemantapan Kemampuan Mengajar*. PT Penamuda Media.

- Zebua, N., Zebua, E. N. K., Duha, M., Zagoto, J. S., Sisokhi, D. T., & Ndruru, D. Y. (2024). Menemukan Solusi Inovatif Pengembangan Bahan Ajar dan Media Biologi Berbasis Information and Communication Technologies (ICT) Dalam Pembelajaran. *Jurnal Biogenerasi*, 10(1), 347–353. <https://doi.org/10.30605/biogenerasi.v10i1.4281>
- Zebua, N., Ziraluo, Y. P. B., & Zebua, E. N. K. (2025a). An investigation into artificial intelligence literacy among biology education students as a foundation for developing an AI-integrated curriculum in learning planning courses. *International Review of Community Engagement*, 1(3), 183–196. <https://doi.org/10.62941/irce.v1i3.136>
- Zebua, N., Ziraluo, Y. P. B., & Zebua, E. N. K. (2025b). Environmental conservation in biology learning: An effort to increase students' awareness of environmental issues. *International Journal of Advances in Educational Research*, 1(3), 145–156. <https://doi.org/10.62941/ijaer.v1i3.114>
- Zega, N. A., & Sitanggang, N. (2024). Empowering education: Unveiling effective strategies in school principal supervision to enhance teacher professionalism. *International Journal of Humanities Education and Social Sciences (IJHESS)*, 3(5).
- Zega, Y. S., & Telaumbanua, D. (2024). Efektivitas Model Pembelajaran Kooperatif Think Pair and Share terhadap Motivasi dan Hasil Belajar IPA Siswa Kelas VII SMP. *GEN BIONIX: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 2(1), 9–17. <https://doi.org/10.56207/genbionix.v2i1.803>
- Ziraluo, Y. P. B. (2020). Biodiversitas Ikan Air Tawar Sebagai Indikator Kesehatan Sungai Sa'ua. *Jurnal Education and Development*, 8(3), 110–111. <https://journal.ipts.ac.id/index.php/ED/article/view/1917/982>
- Ziraluo, Y. P. B. (2025a). Merekonstruksi Literasi Ekologi: Tantangan dan Peluang bagi Kalangan Mahasiswa Calon Guru Biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Undiksha*, 12(2), 81–95. <https://doi.org/10.23887/jjpb.v12i2.105792>
- Ziraluo, Y. P. B. (2025b). *Pengembangan Ekowisata: Orientasi Pemberdayaan*. Forum Pemuda Aswaja.