



IMPLEMENTASI E-MODUL INTERAKTIF BERBASIS *CITIZEN SCIENCE* UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR DAN LITERASI BIODIVERSITAS PESERTA DIDIK

Ida Wati¹, Delinda², Shinta Fitriani³, Suhartini⁴
Rahmat Rizal⁵, Dita Agustian⁶

Pascasarjana Pendidikan IPA, Universitas Siliwangi^{1,2,3,4,5,6}

e-mail: ¹⁾ida3edulis@gmail.com, ²⁾delinda04@guru.smk.belajar.id,

³⁾fitrianihint93@gmail.com, ⁴⁾tini.bio13@gmail.com, ⁵⁾rahmatrizal@unsil.ac.id,

⁶⁾dita.agustian@unsil.ac.id

Diterima: 5/12/2025; Direvisi: 6/4/2026; Diterbitkan: 12/4/2026

ABSTRAK

Pembelajaran keanekaragaman hayati di MAN 2 Tasikmalaya masih menghadapi tantangan besar, terutama karena terbatasnya kesempatan untuk melakukan observasi lapangan. Masih terdapat peserta didik kesulitan mengidentifikasi spesies lokal, yang pada akhirnya berdampak pada rendahnya hasil belajar dan kurang berkembangnya literasi biodiversitas mereka. Penelitian kuantitatif ini bertujuan untuk menguji penerapan E-Modul Interaktif berbasis *Citizen Science* terhadap peningkatan hasil belajar dan literasi biodiversitas peserta didik SMA. Desain yang digunakan adalah *one-group pretest-posttest* untuk mengukur hasil belajar dan *posttest-only* untuk literasi biodiversitas pada 30 peserta didik kelas X. Pembelajaran berbasis *Citizen Science* dilaksanakan menggunakan e-modul interaktif yang terintegrasi pada aktivitas observasi lingkungan dan pendokumentasian organisme melalui platform *iNaturalist*. Instrumen utama berupa tes hasil belajar (*pretest-posttest*) dan angket literasi biodiversitas (aspek afektif dan konatif), serta diperkuat dengan hasil refleksi pembelajaran. Hasil menunjukkan peningkatan signifikan pada hasil belajar ($p = 0,000$), dari rata-rata skor 79,63 menjadi 96,93, dengan $N-Gain = 0,878$ (kategori tinggi) yang menurut kami mencerminkan bukan hanya penguasaan konsep, tetapi juga perubahan dalam cara siswa berpikir ilmiah. Namun, untuk literasi biodiversitas secara holistik masih berada pada kategori sedang (63,3%), sementara aspek afektif dan konatif masing-masing 66,7%. Respon peserta didik terhadap pembelajaran mengindikasikan persepsi positif, terutama terkait kemudahan penggunaan e-modul dan pengalaman nyata dan bermakna melalui kegiatan *Citizen Science*. Secara keseluruhan, e-modul ini terbukti efektif sebagai inovasi pembelajaran untuk memperkuat hasil belajar serta literasi biodiversitas di era Society 5.0

Kata Kunci: *E-Modul Interaktif, Citizen Science, Hasil Belajar, Literasi Biodiversitas.*

ABSTRACT

Biodiversity education at MAN 2 Tasikmalaya continues to face substantial challenges, particularly due to limited opportunities for field observation. Several students still struggle to identify local species, which ultimately affects their learning outcomes and hinders the development of their biodiversity literacy. This quantitative study examined the effectiveness of an interactive e-module integrating *Citizen Science* in improving learning outcomes and biodiversity literacy among 30 Grade X students. A one-group pretest–posttest design was used for cognitive assessment, while a posttest-only descriptive approach measured biodiversity literacy in the affective and conative dimensions. Learning activities were facilitated through



an interactive e-module combined with authentic field observations, species documentation via iNaturalist, and collaborative taxonomic verification. Data were collected using a pretest–posttest achievement test, a biodiversity literacy questionnaire, and a reflection survey. Findings indicated a significant improvement in learning outcomes ($p = 0.000$), with mean scores increasing from 79.63 to 96.93 and an N-Gain of 0.878 (high). This suggests improvement not only in conceptual mastery but also in students' scientific ways of thinking. Biodiversity literacy was categorized as moderate (63.3%), with affective and conative aspects each scoring 66.7%. Student reflections were overwhelmingly positive, particularly regarding the e-module's usability and the meaningful, real-world experience afforded by Citizen Science. Overall, the e-module demonstrates strong effectiveness and feasibility as an innovative pedagogical strategy to strengthen learning outcomes and biodiversity literacy in alignment with the in the Society 5.0 era.

Keywords: *Interactive E-Module, Citizen Science, Learning Outcomes, Biodiversity Literacy.*

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat menuntut transformasi dalam praktik pembelajaran, khususnya pada mata pelajaran biologi, salah satu bidang yang erat kaitannya dengan realitas lingkungan dan kehidupan sehari-hari. Materi keanekaragaman hayati merupakan salah satu topik yang sangat penting dipahami oleh peserta didik, sebab isu kehilangan keanekaragaman hayati semakin mengemuka di tingkat global (Noor, 2022). Namun, pembelajaran biologi di sekolah masih menghadapi tantangan. Karakter materi yang abstrak serta minimnya pengalaman observasi lapangan menyebabkan pemahaman konsep peserta didik sering kali tidak berkembang secara optimal (Putri, 2025). Materi keanekaragaman hayati (biodiversitas), misalnya, sering dianggap abstrak oleh peserta didik karena minimnya kesempatan untuk mengamati secara langsung objek-objek biologis di lingkungan sekitar, padahal pemahaman mendalam tentang biodiversitas tidak mungkin tercapai tanpa keterlibatan langsung dengan alam (Aripin et al., 2021; Katili et al., 2023).

Hasil belajar dalam konteks ini dipahami bukan hanya sekadar kenaikan nilai ketika asesmen, melainkan sebagai perubahan bermakna dalam cara siswa berpikir, merasa, dan bertindak setelah terlibat dalam proses ilmiah yang utuh (Fauziah & Iryani, 2025). Sementara itu, literasi biodiversitas merujuk pada kompetensi holistik yang mencakup tiga ranah yaitu kognitif (memahami konsep keanekaragaman hayati), afektif (memiliki kepekaan dan nilai positif terhadap keberadaan makhluk hidup), dan konatif (menunjukkan kecenderungan untuk bertindak dalam pelestariannya) (Aripin, 2022; Katili et al., 2023).

Namun kenyataannya, praktik pembelajaran masih bergantung pada media cetak konvensional dan ceramah, sehingga hasil belajar dan literasi biodiversitas kurang berkembang. Kesenjangan ini juga tercermin dalam penelitian Aripin et al., (2021) yang menemukan bahwa rendahnya literasi biodiversitas disebabkan oleh kurangnya pengalaman observasi langsung dan minimnya media yang mampu mensimulasikan interaksi nyata dengan lingkungan. Dalam konteks inilah diperlukan inovasi pembelajaran yang mampu menjembatani apa yang seharusnya terjadi dalam pembelajaran biologi dengan kenyataan praktik di lapangan.

E-modul interaktif merujuk pada bahan ajar digital yang dirancang secara sistematis, memadukan teks, gambar, video, animasi, simulasi, dan latihan berbasis *feedback instan*, sehingga memungkinkan peserta didik belajar secara mandiri, eksploratif, dan multisensori (Fauziah & Iryani, 2025). Kombinasi visual, animasi, video, kuis, dan navigasi digital membantu peserta didik memahami materi abstrak secara lebih konkret dan menyenangkan. E-



modul interaktif berfungsi sebagai panduan sistematis yang memudahkan peserta didik mempelajari konsep, melakukan observasi, mengisi lembar kerja digital, dan memproses data (Fauziah & Iryani, 2025).

Penelitian mengenai e-modul IPA yang dikembangkan menggunakan berbagai pendekatan, seperti *Problem Based Learning*, inkuiri, atau proyek, secara konsisten melaporkan peningkatan pemahaman konsep, motivasi, dan kemandirian belajar peserta didik (Gudesma et al., 2024). Misalnya, e-modul berbasis PBL yang diuji oleh Gudesma et al., (2024) menunjukkan peningkatan hasil belajar dengan kategori *N-gain* sedang. Meskipun *N-gain* dikategorikan sedang (0,64–0,68), hasil ini konsisten dengan tren penelitian lain yang menunjukkan manfaat pada motivasi dan kemandirian belajar melalui digitalisasi bahan ajar (Gudesma et al., 2024). Meski demikian, penggunaan e-modul saja belum cukup bila tidak disertai aktivitas nyata yang menghubungkan konsep dengan lingkungan.

Citizen Science adalah pendekatan partisipatif dalam sains yang melibatkan masyarakat awam, termasuk peserta didik dalam proses ilmiah nyata mulai dari pengamatan, pengumpulan, analisis, hingga pelaporan data kepada komunitas ilmiah (Nasem, 2018a). Dalam konteks pendidikan, *citizen science* bukan sekadar proyek tambahan, melainkan strategi pembelajaran yang menempatkan siswa sebagai co-researcher, sehingga memperkuat science identity, *self-efficacy*, dan tanggung jawab sosial-ekologis (Gusti et al., 2023). Pendekatan *citizen science* menawarkan pengalaman belajar autentik dengan menempatkan peserta didik sebagai pengamat langsung fenomena biodiversitas. Melalui pendekatan ini, peserta didik berperan sebagai ilmuwan muda yang mengamati, mendokumentasikan, dan mengunggah temuan ke platform ilmiah seperti *iNaturalist* untuk mendokumentasikan spesies di lingkungan sekolah (Argiyanti et al., 2022). Bahkan, penggunaan platform *iNaturalist* telah terbukti membantu peserta didik memahami taksonomi secara lebih menyenangkan, sekaligus memberikan kontribusi nyata kepada komunitas ilmiah global (Kendall et al., 2021).

Penelitian yang dilakukan Aripin (2021) membuktikan bahwa *Citizen Science Project* mampu meningkatkan literasi biodiversitas dan keterampilan meneliti calon guru biologi. Temuan tersebut diperkuat oleh Gusti et al. (2023) yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis *citizen science* efektif melatih keterampilan abad ke-21, termasuk berpikir kritis, kolaborasi, dan literasi sains. Namun, penggabungan antara e-modul interaktif yang memfasilitasi aktivitas *citizen science* masih relatif jarang diteliti secara integrasi dalam konteks pembelajaran biodiversitas di sekolah menengah.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini menghadirkan sebuah inovasi integratif yaitu E-Modul Interaktif berbasis *Citizen Science* yang tidak hanya menyajikan materi, tetapi juga dapat memandu peserta didik melalui pembelajaran digital sekaligus melakukan aktivitas lapangan dan unggah data ke platform *iNaturalist*. Fokus penelitian adalah (1) menilai peningkatan hasil belajar, (2) menggambarkan tingkat literasi biodiversitas setelah intervensi, dan (3) mengevaluasi keterlaksanaan serta respon siswa terhadap model pembelajaran ini. Secara praktis, temuan penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi guru dalam merancang pembelajaran biologi yang relevan, digital, dan berkelanjutan serta dapat menjadi solusi tantangan pendidikan era abad 21 dan era *Society 5.0*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dirancang menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menerapkan metode penelitian *pre-eksperimental* dengan desain *one group pretest–posttest design* untuk hasil belajar, dan *Deskriptif Posttest-Only* untuk mengukur literasi biodiversitas. Desain



penelitian ini dipilih untuk mengukur pengaruh suatu perlakuan dengan cara membandingkan hasil tes awal dan tes akhir pada suatu kelompok yang sama. Penelitian ini dilaksanakan di MAN 2 Tasikmalaya, Singaparna, Kabupaten Tasikmalaya pada bulan November 2025. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik Kelas X MAN 2 Tasikmalaya dan sampelnya adalah peserta didik Kelas X-2 sebanyak 30 orang, yang dipilih melalui teknik *purposive sampling*. Pemilihan sampel ini didasarkan pada pertimbangan spesifik, yaitu hasil nilai tes diagnostik kognitif dan penilaian harian peserta didik, untuk memastikan bahwa kelas yang dipilih memiliki karakteristik yang sesuai dengan tujuan penelitian.

Prosedur penelitian dilaksanakan secara sistematis melalui tiga tahapan utama. Tahap pertama adalah pemberian tes awal (*pretest*) kepada seluruh peserta didik dalam kelas sampel. Tes ini berfungsi untuk mengukur kemampuan awal peserta didik sebelum perlakuan diberikan (O1). Tahap kedua adalah implementasi perlakuan (X), di mana peserta didik mengikuti proses pembelajaran dengan menggunakan sebuah e-modul Berbasis *Citizen Science* dengan platform *iNaturalist* pada materi keanekaragaman hayati. Tahap terakhir adalah pemberian tes akhir (*posttest*) (O2) setelah seluruh proses pembelajaran dengan e-modul selesai, yang bertujuan untuk mengukur hasil belajar peserta didik setelah menerima perlakuan.

Instrumen utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah berbentuk tes hasil belajar berupa soal pilihan ganda sebanyak 20 butir dan lembar penilaian literasi Biodiversitas yang berbentuk angket skala Likert empat tingkat (1–4), yang terdiri atas beberapa pernyataan positif dan negatif terkait aspek afektif dan konatif terhadap biodiversitas. Kedua Instrumen tersebut telah diuji validitas dan reliabilitasnya oleh dosen ahli. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif, uji prasyarat (normalitas), serta uji t berpasangan (*paired t-test*) untuk melihat perbedaan signifikan antara nilai pretest dan posttest. Jika uji prasyarat tidak berdistribusi normal atau homogen maka analisis dilakukan dengan Uji *Wilcoxon Signed Rank Test* dengan berbantuan aplikasi SPSS versi 26. Selain itu, digunakan uji *N-Gain* untuk mengetahui tingkat efektivitas dari perlakuan yang diberikan yaitu kemampuan peserta didik setelah pembelajaran menggunakan penggunaan E-Modul Berbasis *Citizen Science* dengan platform *iNaturalist*, yang kemudian dikategorikan dalam kriteria rendah, sedang, atau tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini mengumpulkan data hasil belajar peserta didik melalui pemberian tes awal (*pretest*) dan tes akhir (*posttest*). Gambaran umum distribusi dan karakteristik data tersebut disajikan secara lengkap pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Hasil *Pretest* dan *Posttest*

No.	Komponen	N	Rata-rata	Standar Deviasi
1.	<i>Pretest</i>	30	79,63	13,85
2.	<i>Posttest</i>	30	96,93	4,99
Hasil Uji <i>Wilcoxon Signed Rank Test</i> <i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>			0.000	

Tabel 1 menyajikan gambaran deskriptif mengenai hasil *pretest* dan *posttest* peserta didik setelah mengikuti pembelajaran menggunakan E-Modul Interaktif berbasis *Citizen Science*. Berdasarkan data tersebut, nilai rata-rata pretest adalah 79,63 dengan standar deviasi 13,85, yang menunjukkan bahwa kemampuan awal peserta didik terhadap materi biodiversitas

berada pada kategori cukup baik namun masih memiliki variasi nilai yang cukup lebar antarindividu. Setelah perlakuan diberikan, nilai rata-rata *posttest* meningkat menjadi 96,93 dengan standar deviasi 4,99, menandakan bahwa kemampuan peserta didik setelah mengikuti pembelajaran mengalami peningkatan yang signifikan sekaligus lebih homogen dibandingkan sebelum perlakuan.

Perbedaan skor *pretest* dan *posttest* kemudian dianalisis menggunakan Uji *Wilcoxon Signed Rank Test* dengan berbantuan aplikasi IBM SPSS versi 26, karena data tidak memenuhi asumsi normalitas. Hasil uji menunjukkan nilai signifikansi 0,000 ($p < 0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai *pretest* dan *posttest*. Dengan demikian, penggunaan E-Modul Interaktif berbasis *Citizen Science* terbukti memberikan pengaruh positif yang signifikan terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik.

Tabel 2. Hasil Uji *N-Gain*

N	\bar{X} <i>Pretest</i>	\bar{X} <i>Posttest</i>	Rata-rata <i>N-Gain</i>	Kategori
30	79,63	96,93	0,8782	Tinggi

Tabel 2 menampilkan hasil analisis kuantitatif peningkatan hasil belajar melalui perhitungan *normalized gain (N-Gain)*, yang bertujuan mengukur efektivitas e-modul secara objektif. Dengan membandingkan rata-rata skor *pretest* (79,63) dan *posttest* (96,93) dari 30 peserta didik, diperoleh nilai *N-Gain* sebesar 0,878. Menurut kriteria yang dikemukakan oleh Hake dalam Aripin (2022), nilai *N-Gain* $\geq 0,70$ termasuk dalam kategori “Tinggi”, yang mengindikasikan peningkatan kompetensi kognitif yang substansial dan konsisten (Aripin, 2022). Temuan ini memberikan bukti kuat bahwa integrasi e-modul interaktif berbasis *citizen science* tidak hanya meningkatkan penguasaan konsep, tetapi juga mendorong perubahan bermakna dalam cara peserta didik memahami, menganalisis, dan menerapkan pengetahuan ilmiah dalam konteks nyata.

Tabel 3. Hasil Analisis Literasi Biodiversitas

No	Aspek	Persentase	Kategori
1.	Afektif	66,7%	Sedang
2.	Konatif	66,7%	Sedang
3.	Secara keseluruhan	63,3%	Sedang

Analisis deskriptif pada tabel 3 terhadap literasi biodiversitas peserta didik dilakukan menggunakan skala *Likert* 1–4 pada tiga dimensi utama yakni afektif (sikap dan nilai terhadap keanekaragaman hayati), konatif (kecenderungan untuk bertindak dalam pelestarian), serta capaian secara keseluruhan yang mencerminkan integrasi dimensi afektif dan konatif. Data dianalisis secara kuantitatif dengan bantuan aplikasi IBM SPSS *Statistics* 26 untuk menghitung persentase rata-rata skor relatif terhadap skor ideal.

Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata capaian literasi biodiversitas berada pada kategori sedang, dengan skor keseluruhan sebesar 63,3%. Secara rinci, dimensi afektif memperoleh persentase sebesar 66,7%, sedangkan dimensi konatif mencapai 66,7%—angka yang identik, mengindikasikan keseimbangan antara pemahaman nilai dan kemauan untuk bertindak.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi E-Modul Interaktif berbasis *Citizen Science* memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan hasil belajar pada 30 peserta didik MAN 2 Tasikmalaya. Berdasarkan Tabel 1 peningkatan hasil belajar terlihat dari perbedaan nilai rata-rata *pretest* sebesar 79,63 (SD = 13,853) menjadi 96,93 (SD = 4,989) pada



posttest. Selisih peningkatan sebesar 17,3 poin ini memperlihatkan bahwa intervensi pembelajaran dengan menggunakan e-modul interaktif yang memadukan teknologi digital dengan pengalaman ilmiah mampu memperkuat pemahaman konsep. Nilai *Asymp. Sig.* = 0,000 ($p < 0,05$) pada Uji Wilcoxon menegaskan perbedaan yang signifikan antara hasil *pretest* dan *posttest*. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan tersebut tidak terjadi secara kebetulan, melainkan merupakan hasil nyata dari intervensi yang diberikan. Ketika peningkatan ini ditinjau lebih jauh melalui analisis *N-Gain* yang ditunjukkan pada Tabel 2, capaian sebesar 0,878 memberikan interpretasi bahwa efektivitas e-modul interaktif berbasis Citizen Science adalah tinggi. Sehingga tidak hanya menunjukkan signifikansi statistik, tetapi juga menegaskan kekuatan intervensi dalam mendorong peningkatan kognitif secara konsisten dan bermakna.

Peningkatan tersebut dapat terjadi karena kelebihan dari e-modul interaktif berbasis *Citizen Science* yang dilengkapi materi berupa gambar dan video sehingga menjadikan pembelajaran lebih menarik. Kegiatan *Citizen Science* dengan pemanfaatan platform *iNaturalist* yang diintegrasikan dalam e-modul memainkan peranan penting pada tahap ini. Peserta didik tidak hanya berinteraksi dengan teks bacaan, tetapi juga terlibat secara aktif dalam aktivitas ilmiah lapangan. Penemuan ini konsisten dengan temuan penelitian yang menyatakan bahwa e-modul interaktif mampu meningkatkan pemahaman konsep melalui visualisasi materi yang jelas, struktur penyajian yang sistematis, dan fasilitas belajar mandiri yang mendorong keterlibatan peserta didik secara aktif (Fauziah & Iryani, 2025; Alyusfitri et al., 2023; Baring & Berame, 2022; Rukmana et al., 2024).

Aspek penting yang membedakan penelitian ini adalah implementasi e-modul interaktif yang tidak hanya menyajikan konten, tetapi juga memandu peserta didik melalui pendekatan *Citizen Science* dengan langkah-langkah pembelajaran yang meliputi: 1) observasi lapangan; 2) mengunggah data berupa foto spesies ke platform *iNaturalist*; 3) verifikasi taksonomi spesies; 4) refleksi dampak; 5) aksi lokal. Proses mengamati spesies di lingkungan madrasah, mendokumentasikan temuan, hingga mengunggah gambar untuk diverifikasi oleh komunitas global memberikan pengalaman belajar baru yang sebelumnya belum pernah mereka alami. Keterlibatan peserta didik dalam aktivitas *citizen science* melalui penggunaan platform *iNaturalist* serta tugas pengamatan lapangan membantu mereka mendekati konsep abstrak biodiversitas kepada pengalaman nyata (Argiyanti et al., 2022; Puspa et al., 2026; Putri & Malichatin, 2025; Sumarni et al., 2026).

Mekanisme ini sejalan dengan kerangka yang dikemukakan oleh Nasem (2018) bahwa *citizen science* dapat meningkatkan pemahaman konseptual melalui pengalaman autentik dan partisipatif. Hal ini dapat memfasilitasi peserta didik menghubungkan konsep ilmiah dengan fenomena yang mereka amati langsung, sehingga meningkatkan relevansi dan retensi pengetahuan (Nasem, 2018b). Selain itu, Argiyanti et al. (2022) membuktikan bahwa integrasi *iNaturalist* dalam pembelajaran keanekaragaman hayati meningkatkan motivasi belajar dan kemampuan identifikasi spesies, yang secara tidak langsung memperkuat pemahaman materi. Pemanfaatan aplikasi *iNaturalist* dalam konteks pembelajaran keanekaragaman hayati tidak hanya meningkatkan minat dan motivasi, tetapi juga melatih sikap sadar lingkungan untuk konservasi berkelanjutan (Echeverría et al., 2021; Herodotou et al., 2023; Niemiller et al., 2021; Yusni et al., 2023).

Meskipun dimensi kognitif menunjukkan peningkatan yang tinggi, berdasarkan Tabel 3 literasi biodiversitas peserta didik secara keseluruhan berada pada kategori sedang (63,3%), sedangkan untuk aspek konatif dan afektif mencapai 66,7%. Temuan ini mengisyaratkan bahwa meskipun pemahaman konsep telah berkembang secara substansial, proses internalisasi nilai



dan kecenderungan bertindak ekologis masih memerlukan penguatan. Hal ini sesuai dengan landasan literasi biodiversitas yang menekankan bahwa literasi biodiversitas mencakup tiga aspek penting yaitu kognitif (memahami dan menganalisis konsep), konatif (kecenderungan bertindak), dan afektif (nilai dan sikap terhadap keanekaragaman hayati) sebagai satu kesatuan yang harus berkembang secara beriringan (Aripin, 2022; Katili et al., 2023; Mardianti & Widodo, 2026; Putri & Malichatin, 2025; Sulistyowati et al., 2025).

Temuan tersebut juga sejalan dengan penelitian Syapira et al. (2018) yang menekankan bahwa pemahaman biodiversitas yang kuat berhubungan erat dengan pembentukan sikap peduli lingkungan pada peserta didik. Dalam penelitian ini, meskipun peserta didik mampu menjelaskan konsep keanekaragaman hayati dan mengidentifikasi spesies dengan akurat melalui platform iNaturalist, namun capaian afektif-konatif belum mencapai kategori “tinggi” yang mengindikasikan bahwa pemahaman kognitif perlu diperkuat oleh pengalaman transformasional yang menyentuh nilai moral dan tanggung jawab ekologis (Katili et al., 2023; Niemiller et al., 2021; Puspa et al., 2026; Putri & Malichatin, 2025; Stevenson et al., 2020).

Respon peserta didik terhadap keterlaksanaan pembelajaran secara umum sangat positif. Mereka merasa proses pembelajaran menyenangkan, petunjuk penggunaan e-modul mudah dipahami, dan tidak mengalami hambatan dalam penggunaan e-modul maupun aplikasi pendukung. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran IPA, khususnya yang berbasis proyek dan eksplorasi lapangan, sesuai dengan karakteristik peserta didik generasi digital. Pernyataan tersebut sejalan dengan penelitian yang menyebutkan bahwa perangkat ajar berbasis citizen science meningkatkan keterlibatan, kolaborasi, serta kemampuan berpikir analitis peserta didik secara signifikan (Sajidi & Parmin, 2025). Analisis Gusti et al. (2023) juga menguatkan bahwa dukungan digital (digital scaffolding) dalam pembelajaran berbasis citizen science berkontribusi pada peningkatan self-efficacy dan motivasi belajar, khususnya ketika pembelajaran dirancang secara intuitif dan kontekstual.

Temuan penelitian ini memperkuat literatur bahwa citizen science bukan sekadar strategi pembelajaran, melainkan pendekatan yang mampu mengubah cara peserta didik berinteraksi dengan lingkungan dan fenomena ilmiah di sekitarnya. Dalam konteks pembelajaran biodiversitas, peserta didik tidak hanya mempelajari konsep tetapi juga menjadi aktor aktif dalam memproduksi data keanekaragaman hayati (Edwards et al., 2019). Pendekatan ini juga selaras dengan upaya peningkatan kesadaran lingkungan melalui pembelajaran keanekaragaman hayati yang didukung oleh proyek sains warga (Ramadhani et al., 2024).

KESIMPULAN

Penerapan e-modul interaktif berbasis *Citizen Science* terbukti dapat meningkatkan hasil belajar kognitif peserta didik secara signifikan ($p = 0,000$), sebagaimana ditunjukkan oleh peningkatan rata-rata skor dari 79,63 (SD = 13,85) pada pretest menjadi 96,93 (SD = 4,99) pada posttest. Efektivitas peningkatan ini juga sangat tinggi, tercermin dari nilai *N-Gain* sebesar 0,8782, yang menunjukkan bahwa sebagian besar potensi peningkatan belajar berhasil dicapai melalui penggunaan e-modul. Temuan ini mengindikasikan bahwa peserta didik tidak hanya memahami materi secara lebih baik, tetapi juga mampu berperan sebagai pelaku ilmiah melalui aktivitas observasi dan unggah data biodiversitas menggunakan platform *iNaturalist*.

Meskipun untuk kemampuan literasi biodiversitas secara keseluruhan masih berada pada kategori sedang (63,3%), namun respons peserta didik yang sangat positif terutama terhadap kemudahan penggunaan e-modul, relevansi konteks lokal, dan pengalaman unggah data yang menunjukkan potensi besar model ini untuk dikembangkan lebih lanjut. Capaian



afektif-konatif (66,7%) mengindikasikan bahwa *citizen science* telah berhasil menyentuh dimensi nilai yaitu peserta didik tidak hanya memahami keanekaragaman hayati, tetapi juga mulai merasakan tanggung jawab moral untuk menjaganya. Dengan demikian, e-modul interaktif berbasis *citizen science* merupakan inovasi pembelajaran yang efektif, relevan, dan layak direplikasi serta selaras dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 dan visi *Society 5.0*.

Untuk meningkatkan literasi biodiversitas ke tingkat yang lebih tinggi, perlu diperkuat dimensi konteks dan aksi melalui kegiatan lanjutan yang lebih aplikatif, seperti program berbasis komunitas, kampanye pelestarian, atau portofolio *citizen science*. Pendekatan ini mendorong refleksi kritis dan tindakan nyata sehingga pembelajaran tidak hanya menghasilkan pemahaman konsep, tetapi juga membentuk kesadaran serta tanggung jawab ekologis jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Alyusfitri, R., Sari, S. G., Jusar, I. R., & Pratiwi, N. (2023). Pengembangan e-modul berbasis multimedia interaktif dengan pendekatan kontekstual teaching and learning untuk siswa sekolah dasar pada materi bangun ruang. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(1), 302. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i1.1750>
- Argiyanti, A., Cristanti, W., Sukma, R. I., Riandi, & Suprianto, B. (2022). Inovasi pembelajaran berbasis teknologi informasi: Model discovery learning berbantuan aplikasi inaturalist pada materi keanekaragaman hayati. *Biodik: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 8(03), 52–62. <https://doi.org/10.23960/biodik.v8i3.6203>
- Aripin, I. (2022). *Pengembangan program perkuliahan biologi konservasi berbasis citizen science project untuk meningkatkan literasi biodiversitas dan keterampilan meneliti mahasiswa calon guru biologi* [Disertasi, Universitas Pendidikan Indonesia]. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Aripin, I., Hidayat, T., Rustaman, N., & Riandi. (2021). Pengembangan program perkuliahan biologi konservasi berbasis citizen science project. *J. Pedagogi Hayati*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/10.31629/ph.v5i1.3590>
- Baring, J. J. A., & Berame, J. S. (2022). Supporting conceptual comprehension of Newton's laws of motion of grade 8 students through Kotobee interactive e-module. *Indonesian Journal on Learning and Advanced Education (IJOLAE)*, 4(3), 209. <https://doi.org/10.23917/ijolae.v4i3.18790>
- Echeverría, A., Ariz, I., Moreno, J. M., Peralta, J., & González, E. M. (2021). Learning plant biodiversity in nature: The use of the citizen-science platform iNaturalist as a collaborative tool in secondary education. *Sustainability*, 13(2), 735. <https://doi.org/10.3390/su13020735>
- Edwards, R., Kirn, S., Hillman, T., Kloetzer, L., Mathieson, K., McDonnell, D., & Phillips, T. (2019). Learning and developing science capital through citizen science. Dalam *Citizen Science* (hlm. 381–390). UCL Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv550cf2.33>
- Fauziah, I., & Iryani. (2025). Efektivitas e-modul larutan penyangga berbasis problem based learning terintegrasi teaching at the right level terhadap hasil belajar peserta didik fase f sma. *SCIENCE Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(3), 1158–1168. <https://doi.org/10.51878/science.v5i3.6551>
- Gudesma, A., Ismet, & Kistiono. (2024). Pengembangan e-modul ipa berbasis etnosains kota Palembang untuk meningkatkan kemampuan literasi sains siswa. *Intelektualita*, 13(2). <https://doi.org/10.19109/intelektualita.v13i2.25169>



- Gusti, U. A., Hidayat, T., Hamidah, N., & Sriyati, S. (2023). Tren penelitian pembelajaran biologi berbasis citizen science untuk melatih keterampilan abad 21. *Edusains*, 15(2), 112–123. <https://doi.org/10.15408/es.v15i2.35199>
- Herodotou, C., Ismail, N., Benavides-Lahnstein, A. I., Aristeidou, M., Young, A. N., Johnson, R. F., Higgins, L., Khanaposhtani, M. G., Robinson, L. D., & Ballard, H. L. (2023). Young people in iNaturalist: a blended learning framework for biodiversity monitoring. *International Journal of Science Education Part B*, 14(2), 129. <https://doi.org/10.1080/21548455.2023.2217472>
- Katili, A. S., Utina, R., Yusf, F. M., & Pikoli, M. (2023). *Literasi biodiversitas dan pembelajarannya*. Ideas Publishing.
- Kendall, K. D., Davis, M. A., & Niemiller, M. L. (2021). Addressing ‘biodiversity naivety’ through project-based learning using iNaturalist. *Journal for Nature Conservation*, 64, 126070. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2021.126070>
- Mardianti, A., & Widodo, W. (2026). Penerapan model pembelajaran inkuiri terstruktur untuk meningkatkan motivasi belajar murid pada materi ekologi dan keanekaragaman hayati. *SCIENCE Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 6(2), 632. <https://doi.org/10.51878/science.v6i2.9713>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM). (2018). *Learning through citizen science: Enhancing opportunities by design*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25183>
- Noor, R. R. (2022). *Biodiversitas global menurun drastis, dunia perlu bertindak cepat*. IPB University. <https://iptp-fapet.ipb.ac.id/?p=4929>
- Puspa, S. A., Kusnadi, K., & Nurjhani, M. (2026). Kesadaran lingkungan dalam pembelajaran biologi: Tinjauan pustaka sistematis. *SCIENCE Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 6(1), 401. <https://doi.org/10.51878/science.v6i1.9368>
- Putri, A., & Malichatin, H. (2025). Penerapan proyek mini berbasis STEM: Pembuatan biopestisida dari kulit jeruk untuk meningkatkan literasi sains dan kesadaran lingkungan siswa SMP. *SCIENCE Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(4), 1958. <https://doi.org/10.51878/science.v5i4.6116>
- Putri, J. C. (2025). Implementasi baamboozle game pada materi keanekaragaman hayati di SDN Mojopurno 01 Kabupaten Madiun. *Al-Madrasah: Jurnal Ilmiah Pendidikan Madrasah Ibtidaiyah*, 9(1), 295–306. <https://doi.org/10.35931/am.v9i1.4061>
- Ramadhani, R., Surtikanti, H. K., & Riandi, R. (2024). Kajian literatur: Potensi citizen science project untuk meningkatkan kesadaran lingkungan pada materi keanekaragaman hayati. *Jurnal Jeumpa*, 11(1), 84. <https://doi.org/10.33059/jj.v11i1.9134>
- Rukmana, M., Watung, F. A., Hasmia, H., Agustina, T. P., & Utami, A. R. P. (2024). Development of general biology learning e-modules based on constructivism. *Scholaria: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 14(2), 167. <https://doi.org/10.24246/j.js.2024.v14.i2.p167-176>
- Sajidi, I., & Parmin, P. (2025). Development of e-lkpd based on group investigation integrated with citizen science project to improve analytical thinking and collaboration abilities of junior high school students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(7), 633–644. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i7.11707>
- Stevenson, R. D., Merrill, C., & Burn, P. R. (2020). Assessment of biodiversity data collected using iNaturalist compiled over three years of college freshman orientations. *Biodiversity Information Science and Standards*, 4, e59128.



<https://doi.org/10.3897/biss.4.59128>

- Sulistiyowati, R. W., Suteki, M., & Harmawati, D. (2025). Agrosience kidslab sebagai inovasi integratif kebun sekolah, eksperimen ipa, dan bank benih mini untuk ketahanan pangan dan kemandirian anak papua. *COMMUNITY Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(2), 683. <https://doi.org/10.51878/community.v5i2.7355>
- Sumarni, M. L., Jewarut, S., Melati, F. V., Vuspitasari, B. K., Atlantika, Y. N., & Siokalang, M. A. (2026). Potensi pembelajaran ipas dalam memperkenalkan kearifan lokal di sekolah dasar. *SOCIAL Jurnal Inovasi Pendidikan IPS*, 6(1), 292. <https://doi.org/10.51878/social.v6i1.9386>
- Yusni, D., Mahtuhah, M., Supriatno, B., & Riandi, R. (2023). Inovasi pembelajaran keanekaragaman hayati melalui pendekatan lingkungan berbasis kearifan lokal berbantuan aplikasi iNaturalist. *JiIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 6(12), 10124. <https://doi.org/10.54371/jiip.v6i12.2414>