Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (JP-IPA) **Vol. 07 No. 04. November 2026**
https://jurnal.habi.ac.id/index.php/JP-IPA *p-ISSN:* 2774-5945. *e-ISSN:* 2774-5937
Doi: https://doi.org/10.56842/jp-ipa Terakreditasi SINTA 3

PENGEMBANGAN E-MODUL BIOLOGI BERBASIS INQUIRY TERINTEGRASI FOUR-TIER DIAGNOSTIC TEST UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP DAN MEREDUKSI MISKONSEPSI MAHASISWA

Mivtha Citraningrum[1*], Firmansah[2], Yannika Nidiasari[1], Michiko Dewi Alhamid[3], & Cornelia Kanumuye Murmana[3]
[1]Dosen, Universitas Pendidikan Muhammadiyah, Sorong, Indonesia
[2]Dosen, STKIP Harapan Bima, Bima, Indonesia
[3]Mahasiswa, Universitas Pendidikan Muhammadiyah, Sorong, Indonesia
* Email: mivtha@unimudasorong.ac.id

Diterima: 04 September 2026 Direvisi: 01 November 2026 Publikasi: 18 November 2026

Abstract

This study aims to develop a biology e-module based on inquiry integrated with a four-tier diagnostic test and to describe its practicality and effectiveness in improving conceptual understanding and reducing misconceptions among biology education students. The research employed a Research and Development approach using the Four-D model (define, design, develop, disseminate). The limited trial involved 20 biology education students at Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong on the topic of ecosystem interaction. Data were collected through a four-tier diagnostic test, a student response questionnaire, observation sheets on lecture implementation and student activity, and structured interviews, then analysed using normalised gain, percentage analysis, four-tier diagnostic classification, and thematic analysis. The results show that the e-module is practical, with a student response of 85.92%, lecture implementation of 92.50%, and student activity of 85.00%. The mean test score increased from 58.33 to 77.00 with a normalised gain of 0.45 in the moderate category, and all students improved. The proportion of students who understood the concept rose from 40% to 45%, misconceptions fell from 30% to 25%, and lack of conceptual knowledge fell from 10% to 5%. However, lucky guesses rose from 20% to 25%, indicating that conceptual restructuring was still ongoing rather than complete.

Keywords: *E-Module; Inquiry; Four-Tier Diagnostic Test; Conceptual Understanding; Misconception.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan e-modul biologi berbasis inquiry yang terintegrasi four-tier diagnostic test serta mendeskripsikan kepraktisan dan keefektifannya dalam meningkatkan pemahaman konsep dan mereduksi miskonsepsi mahasiswa pendidikan biologi. Penelitian menggunakan pendekatan Research and Development dengan model Four-D (define, design, develop, disseminate). Uji coba terbatas melibatkan 20 mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong pada materi interaksi ekosistem. Data dikumpulkan melalui four-tier diagnostic test, angket respon mahasiswa, lembar observasi keterlaksanaan perkuliahan dan aktivitas mahasiswa, serta wawancara terstruktur, kemudian dianalisis menggunakan normalized gain, analisis persentase, klasifikasi diagnosis four-tier, dan analisis tematik. Hasil penelitian menunjukkan e-modul tergolong praktis dengan respon mahasiswa 85,92%, keterlaksanaan perkuliahan 92,50%, dan aktivitas mahasiswa 85,00%. Rata-rata skor tes meningkat dari 58,33 menjadi 77,00 dengan normalized gain 0,45 pada kategori sedang dan seluruh mahasiswa mengalami peningkatan. Proporsi mahasiswa paham konsep naik dari 40% menjadi 45%, miskonsepsi turun dari 30% menjadi 25%, dan tidak paham konsep turun dari 10% menjadi 5%. Namun, kategori lucky guess naik dari 20% menjadi 25% sehingga restrukturisasi konseptual dinilai masih berlangsung dan belum sepenuhnya stabil.

Kata Kunci: *E-Modul; Inquiry; Four-Tier Diagnostic Test; Pemahaman Konsep; Miskonsepsi.*

PENDAHULUAN

Pemahaman konsep merupakan fondasi utama pembelajaran biologi karena menentukan kemampuan mahasiswa mengintegrasikan fakta, prinsip, dan proses ilmiah secara bermakna. Kualitas pemahaman konsep berkaitan erat

dengan literasi sains, keterampilan berpikir tingkat tinggi, dan kesiapan mahasiswa sebagai calon pendidik (Antika & Marpaung, 2023; Ristanto et al., 2023). Pada sisi yang berlawanan, miskonsepsi menjadi hambatan yang serius karena bersifat resisten terhadap pembelajaran konvensional. Miskonsepsi merupakan pemahaman keliru yang justru diyakini benar oleh pembelajar sehingga sulit dikoreksi hanya melalui penyampaian materi (Dellantonio & Pastore, 2021; Irani et al., 2020). Dalam kerangka konstruktivisme, pengetahuan baru dibangun di atas struktur kognitif yang telah dimiliki, sehingga struktur awal yang keliru akan mendistorsi seluruh proses belajar berikutnya (Masgumelar & Mustafa, 2021).

Sejumlah studi pada mahasiswa calon guru biologi memperlihatkan bahwa persoalan tersebut nyata. Hanya sebagian mahasiswa yang mencapai pemahaman konseptual mendalam, sementara sebagian besar masih berada pada level hafalan atau mengalami miskonsepsi pada topik tertentu (Citraningrum et al., 2024). Kesulitan serupa ditemukan pada konsep-konsep abstrak seperti zoologi invertebrata dan protozoa yang menuntut penalaran reflektif (Citraningrum et al., 2022; Citraningrum & Machmud, 2024). Kondisi tersebut berkorelasi dengan lemahnya keterampilan proses sains dan hasil belajar (Rophi et al., 2024; Wafom et al., 2024). Persoalan menjadi lebih penting karena mahasiswa yang lulus dengan miskonsepsi berpotensi mewariskan kesalahan konsep tersebut kepada peserta didik ketika kelak menjadi pendidik.

Berbagai upaya perbaikan telah dilakukan. Penerapan *problem based learning* berbasis web, model *conceptual change* dengan konflik kognitif, model CORE, serta model SOLE dilaporkan mampu meningkatkan pemahaman konsep, motivasi, dan literasi sains mahasiswa (Arifiana et al., 2022; Haka et al., 2023; Haka et al., 2024; Kesumawardani et al., 2024). Pengembangan perangkat berbasis inkuiri terbimbing juga terbukti melatihkan keterampilan berpikir kreatif dan memfasilitasi penyelidikan mandiri (Citraningrum et al., 2025; Widia et al., 2024). Meskipun demikian, peningkatan yang dihasilkan umumnya belum merata dan miskonsepsi tetap bertahan karena intervensi pembelajaran lebih menyasar hasil akhir belajar daripada struktur kognitif yang melatarbelakanginya.

Pada jalur yang berbeda, penelitian tentang diagnosis miskonsepsi berkembang melalui instrumen bertingkat, khususnya *four-tier diagnostic test*. Instrumen ini merekam jawaban, tingkat keyakinan atas jawaban, alasan, dan tingkat keyakinan atas alasan, sehingga mampu memisahkan mahasiswa yang benar-benar paham konsep dari mahasiswa yang menjawab benar karena menebak (Haka et al., 2023). Sayangnya, instrumen empat tingkat tersebut umumnya diposisikan sebagai alat pemetaan yang berdiri sendiri di luar proses pembelajaran, bukan sebagai bagian dari pengalaman belajar itu sendiri (Citraningrum, 2022). Akibatnya, hasil diagnosis jarang dimanfaatkan secara langsung oleh mahasiswa untuk merekonstruksi pemahamannya sendiri.

Kesenjangan itulah yang menjadi dasar penelitian ini. Diagnosis dan intervensi selama ini berjalan terpisah: pembelajaran inovatif tidak dilengkapi mekanisme diagnosis konseptual yang berkelanjutan, sementara tes diagnostik tidak menyediakan jalur remediasi yang melekat pada aktivitas belajar. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi sistematis antara e-modul biologi berbasis inquiry dan *four-tier diagnostic test* di dalam satu bahan ajar digital, sehingga proses belajar dan proses diagnosis berlangsung serentak. Integrasi semacam ini relevan dengan tuntutan mutu pendidikan tinggi yang berorientasi pada pembelajaran bermakna berbasis teknologi (González García et al., 2020). Berdasarkan uraian tersebut, penelitian

ini bertujuan mengembangkan e-modul biologi berbasis inquiry terintegrasi *four-tier diagnostic test* serta mendeskripsikan kepraktisan dan keefektifannya dalam meningkatkan pemahaman konsep dan mereduksi miskonsepsi mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*) yang mengadaptasi model Four-D, yaitu *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate* (Judijanto et al., 2024). Model tersebut dipilih karena prosedurnya bertahap dan memungkinkan produk diuji kelayakannya sebelum disebarluaskan, sehingga sesuai dengan tujuan menghasilkan e-modul yang valid, praktis, dan efektif (Indaryanti et al., 2025). Alur prosedur penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur penelitian pengembangan dengan kerangka Four-D

Subjek dan Waktu Penelitian

Uji coba terbatas dilaksanakan pada semester genap tahun akademik 2025/2026 di Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong. Subjek penelitian berjumlah 20 mahasiswa yang ditentukan secara *purposive* dengan pertimbangan bahwa mahasiswa tersebut sedang menempuh materi interaksi ekosistem. Selama pembelajaran mahasiswa dibagi menjadi empat kelompok kerja (K1–K4) agar aktivitas penyelidikan dan negosiasi makna dapat teramati baik pada tingkat individu maupun kelompok.

Produk yang Dikembangkan

Produk berupa e-modul biologi digital pada materi interaksi ekosistem yang disusun mengikuti sintaks inquiry dengan penamaan operasional Amati, Tanya, Menduga, Selidiki, Analisis, Simpulkan. Pada setiap fase disisipkan butir *four-tier diagnostic test* dan aktivitas refleksi melalui Lembar Kerja Mahasiswa (LKM).

Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan menggunakan empat instrumen. Pertama, *four-tier diagnostic test* materi interaksi ekosistem yang diberikan sebelum dan sesudah pembelajaran untuk mengukur pemahaman konsep sekaligus mendiagnosis miskonsepsi. Kedua, angket respon mahasiswa yang terdiri atas 15 pernyataan dengan skala empat (SS = 4, S = 3, TS = 2, STS = 1). Ketiga, lembar observasi keterlaksanaan perkuliahan dan lembar observasi aktivitas mahasiswa yang masing-masing memuat 10 aspek dengan rentang skor 1–4. Keempat, pedoman wawancara terstruktur yang memuat sepuluh tema pengalaman belajar mahasiswa.

Teknik Analisis Data

Kombinasi jawaban pada empat tingkat diklasifikasikan ke dalam empat kategori diagnosis, yaitu paham konsep (PK), miskonsepsi (MK), *lucky guess* (LG), dan tidak paham konsep (TPK), dengan ketentuan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori diagnosis four-tier diagnostic test

No	Pola Jawaban (Tier 1–2–3–4)	Kategori
1	Benar–Yakin–Benar–Yakin	Paham konsep (PK)
2	Benar–Yakin–Salah–Yakin	Miskonsepsi (MK)
3	Salah–Yakin–Salah–Yakin	Miskonsepsi (MK)
4	Benar–Tidak yakin–Benar/Salah–Tidak yakin	Lucky guess (LG)
5	Salah–Tidak yakin–Salah–Tidak yakin	Tidak paham konsep (TPK)

Keefektifan e-modul dianalisis dengan *normalized gain* sebagaimana Persamaan (1), sedangkan kepraktisan yang mencakup respon mahasiswa, keterlaksanaan perkuliahan, dan aktivitas mahasiswa dianalisis dengan persentase pada Persamaan (2).

$$g = (Spost - Spre) / (Smaks - Spre) \quad (1)$$

$$P = (\Sigma \text{ skor perolehan} / \Sigma \text{ skor maksimal}) \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

Spre dan Spost adalah rata-rata skor sebelum dan sesudah pembelajaran, Smaks adalah skor maksimal, dan P adalah persentase capaian.

Nilai g diinterpretasikan tinggi apabila g ≥ 0,70, sedang apabila 0,30 ≤ g < 0,70, dan rendah apabila g < 0,30. Persentase pada Persamaan (2) dimaknai sangat baik atau sangat praktis pada rentang 81–100%, baik atau praktis pada 61–80%, cukup pada 41–60%, kurang pada 21–40%, dan sangat kurang apabila kurang dari 21%. Data kualitatif dari wawancara dan catatan refleksi dianalisis secara deskriptif tematik, kemudian ditriangulasikan dengan data angket, observasi, dan hasil tes diagnostik untuk memperoleh simpulan yang lebih terpercaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap *define* menunjukkan bahwa perkuliahan sebelumnya masih bertumpu pada bahan ajar yang bersifat informatif dan penilaian yang hanya membedakan jawaban benar dan salah, sehingga miskonsepsi tidak terdeteksi. Pemetaan konsepsi awal mengungkap kekeliruan yang tersebar pada konsep arah panah rantai makanan, sifat aliran energi, piramida energi, peran dekomposer, bentuk-bentuk simbiosis, kompetisi intraspesifik, fungsi predator, serta hubungan dalam jaring-jaring makanan. Temuan tersebut menjadi dasar penyusunan e-modul pada tahap *design* dan *develop* dengan struktur sebagaimana Tabel 1, yang kemudian divalidasi ahli, direvisi, dan diujicobakan secara terbatas.

Kepraktisan E-Modul

Respon 20 mahasiswa terhadap 15 pernyataan angket memperoleh rata-rata skor 68,73 dari skor maksimal 80 atau setara 85,92% dengan kategori sangat positif. Rincian setiap pernyataan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil angket respon mahasiswa terhadap e-modul

No	Aspek yang Dinilai	Skor	%
1	E-modul mudah diakses dan dibuka	71	88,75
2	Petunjuk penggunaan e-modul jelas	70	87,50
3	Navigasi e-modul mudah digunakan	68	85,00
4	Bahasa dan penyajian mudah dipahami	70	87,50
5	Petunjuk pengerjaan LKM mudah dipahami	69	86,25

No	Aspek yang Dinilai	Skor	%
6	Sintaks Amati–Tanya–Menduga–Selidiki–Analisis–Simpulkan mudah diikuti	69	86,25
7	Gambar dan ilustrasi membantu memahami tugas	68	85,00
8	Kolom/tabel LKM memudahkan menulis jawaban	67	83,75
9	Tampilan e-modul dan LKM menarik	67	83,75
10	Media meningkatkan ketertarikan dan motivasi	68	85,00
11	E-modul dan LKM membantu memahami konsep ekosistem	70	87,50
12	Four-tier membantu menyadari miskonsepsi	67	83,75
13	Kegiatan inkuiri membuat lebih aktif berpikir dan menyelidiki	68	85,00
14	Perkuliahan secara keseluruhan menyenangkan	69	86,25
15	Merekomendasikan pembelajaran diterapkan pada materi lain	70	87,50
	Rata-rata	68,73	85,92

Respon tertinggi terdapat pada kemudahan akses e-modul sebesar 88,75%, diikuti keyakinan mahasiswa bahwa e-modul dan LKM membantu memahami konsep ekosistem sebesar 87,50%. Butir mengenai peran *four-tier* dalam menyadarkan miskonsepsi memperoleh 83,75% dan menjadi salah satu skor terendah, namun tetap berada pada kategori sangat positif. Dari 300 respon yang terkumpul, 154 respon (51,33%) berkategori sangat setuju, 123 respon (41,00%) setuju, 23 respon (7,67%) tidak setuju, dan tidak terdapat respon sangat tidak setuju, sehingga 92,33% respon berada pada kategori positif.

Observasi keterlaksanaan perkuliahan memperoleh skor 37 dari 40 atau 92,50%, sedangkan aktivitas mahasiswa memperoleh skor 34 dari 40 atau 85,00%. Rekapitulasi keduanya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi hasil observasi implementasi pembelajaran

Bagian Observasi	Skor	Skor Maks.	%	Kategori
Keterlaksanaan perkuliahan	37	40	92,50	Sangat baik
Aktivitas mahasiswa	34	40	85,00	Sangat baik
Total	71	80	88,75	Sangat baik

Aspek yang memperoleh skor maksimal pada keterlaksanaan meliputi pembukaan dan apersepsi, penyampaian tujuan, orientasi fenomena, pengumpulan data, penyimpulan dan presentasi, refleksi, serta evaluasi. Sebaliknya, tiga aspek memperoleh skor 3, yaitu membimbing mahasiswa merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, dan menganalisis data. Pola yang sama muncul pada aktivitas mahasiswa: mencatat hasil pengamatan, merumuskan pertanyaan, mengemukakan hipotesis, menganalisis data, menarik kesimpulan, dan mempresentasikan hasil memperoleh skor 3, sementara mengamati fenomena, mengisi LKM, bekerja sama, dan tanggung jawab memperoleh skor 4.

Keefektifan E-Modul

Hasil *four-tier diagnostic test* sebelum dan sesudah pembelajaran disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Statistik deskriptif skor four-tier diagnostic test

Statistik	Sebelum	Sesudah	Δ
Rata-rata	58,33	77,00	+18,67
Simpangan baku	5,24	6,66	—
Skor terendah	46,67	66,67	+20,00
Skor tertinggi	66,67	86,67	+20,00
Jumlah subjek	20	20	—

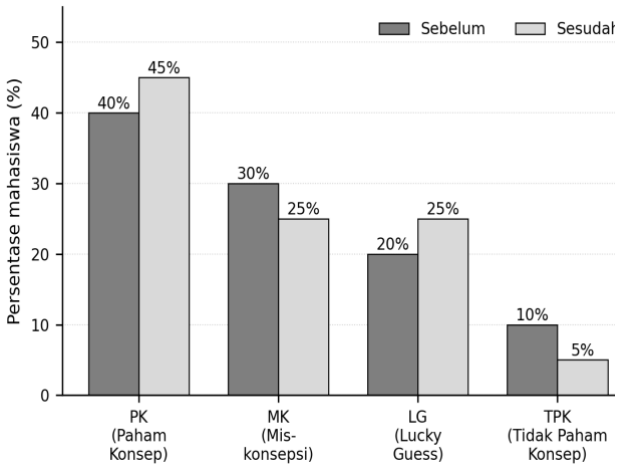
Rata-rata skor meningkat 18,67 poin dan nilai *normalized gain* sebesar 0,45 berada pada kategori sedang. Seluruh 20 mahasiswa (100%) mengalami peningkatan dengan rentang 13,33 hingga 26,67 poin, dan 12 mahasiswa (60%) meningkat sekurang-kurangnya 20 poin. Kenaikan skor terendah dari 46,67 menjadi 66,67 dan skor tertinggi dari 66,67 menjadi 86,67 menunjukkan bahwa perubahan tidak terkonsentrasi pada kelompok berkemampuan tertentu saja.

Rincian peningkatan yang dialami setiap mahasiswa disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Peningkatan skor four-tier diagnostic test setiap mahasiswa (M1–M20)

Kode	Sebelum	Sesudah	Δ
M1	60,00	86,67	+26,67
M2	66,67	86,67	+20,00
M3	60,00	80,00	+20,00
M4	53,33	80,00	+26,67
M5	60,00	73,33	+13,33
M6	60,00	73,33	+13,33
M7	53,33	73,33	+20,00
M8	60,00	80,00	+20,00
M9	66,67	80,00	+13,33
M10	53,33	73,33	+20,00
M11	66,67	86,67	+20,00
M12	60,00	80,00	+20,00
M13	53,33	66,67	+13,34
M14	60,00	73,33	+13,33
M15	60,00	73,33	+13,33
M16	60,00	86,67	+26,67
M17	53,33	80,00	+26,67
M18	46,67	66,67	+20,00
M19	53,33	66,67	+13,34
M20	60,00	73,33	+13,33
Rata-rata	58,33	77,00	+18,67

Analisis diagnosis memperlihatkan gambaran yang lebih halus. Sebelum pembelajaran, hanya 8 mahasiswa (40%) terdiagnosis paham konsep, sedangkan 6 mahasiswa (30%) mengalami miskonsepsi, 4 mahasiswa (20%) tergolong *lucky guess*, dan 2 mahasiswa (10%) tidak paham konsep. Setelah pembelajaran, proporsi paham konsep naik menjadi 9 mahasiswa (45%), miskonsepsi turun menjadi 5 mahasiswa (25%), dan tidak paham konsep turun menjadi 1 mahasiswa (5%), tetapi *lucky guess* justru naik menjadi 5 mahasiswa (25%). Perbandingan distribusi tersebut disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan distribusi kategori diagnosis four-tier sebelum dan sesudah pembelajaran

Pada tingkat kelompok, diagnosis butir pertama tidak berubah: K1 dan K2 tetap paham konsep, K3 tetap miskonsepsi, dan K4 tetap

lucky guess. Pada butir kedua, seluruh kelompok semula terdiagnosis paham konsep, namun setelah pembelajaran K1 dan K3 bertahan pada kategori paham konsep, K2 bergeser menjadi *lucky guess*, dan K4 terdiagnosis miskonsepsi. Perbandingan selengkapnya disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Diagnosis four-tier pada tingkat kelompok

Klp.	B1 Awal	B1 Akhir	B2 Awal	B2 Akhir
K1	PK	PK	PK	PK
K2	PK	PK	PK	LG
K3	MK	MK	PK	PK
K4	LG	LG	PK	MK

Keterangan: Klp. = kelompok; B1 dan B2 = butir tes diagnostik; PK = paham konsep, MK = miskonsepsi, LG = *lucky guess*.

Perubahan Konsepsi dan Persepsi Mahasiswa

Perubahan konsepsi pada konsep kunci interaksi ekosistem dirangkum pada Tabel 8.

Tabel 8. Perubahan konsepsi mahasiswa pada konsep kunci interaksi ekosistem

Konsep	Sebelum	Sesudah
Jaring-jaring makanan	Dipahami linear seperti rantai makanan	Memahami keterhubungan lebih dari satu jalur trofik
Rantai vs jaring makanan	Terjadi penyederhanaan konsep	Mampu membedakan keduanya
Peran predator	Dianggap organisme yang merugikan	Dipahami sebagai pengendali populasi
Peran dekomposer	Sebagian belum memahami perannya	Dikaitkan dengan daur materi
Bentuk simbiosis	Dianggap selalu mutualisme	Membedakan tiga bentuk simbiosis
Kompetisi intraspesifik	Masih terdapat miskonsepsi	Miskonsepsi berkurang
Arah panah rantai makanan	Sering keliru menafsirkan arah	Pemahaman membaik
Energi vs materi	Aliran energi disamakan dengan daur materi	Meningkat, tetapi masih perlu penguatan

Hasil wawancara terhadap sepuluh tema pengalaman belajar memperoleh rata-rata 78,50% dan disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil wawancara terstruktur mahasiswa (n = 20)

Tema	Jumlah	%
LKM membantu perubahan pemahaman	18	90
Pemahaman komponen biotik–abiotik meningkat	17	85
Pemahaman aliran energi meningkat	17	85
E-modul membantu memahami materi	17	85
Diskusi kelompok membantu	17	85
Pemahaman populasi–komunitas–ekosistem meningkat	16	80
CRI membuat lebih memperhatikan alasan	16	80
Merasa lebih yakin setelah pembelajaran	16	80
Menyadari miskonsepsi melalui four-tier	15	75
Masih ada konsep yang perlu diperdalam	8	40

Konsep yang disebut mahasiswa masih perlu diperdalam berkaitan dengan komunitas–ekosistem serta interaksi dan aliran energi. Triangulasi keempat sumber data dirangkum pada Tabel 10.

Tabel 10. Triangulasi hasil angket, observasi, wawancara, dan tes diagnostik

Sumber Data	Temuan Utama	Makna
Angket	85,92% respon positif	E-modul diterima sangat baik oleh mahasiswa
Observasi	88,75% (dosen 92,50%; mahasiswa 85,00%)	Pembelajaran terlaksana sesuai rancangan dan mahasiswa terlibat aktif
Wawancara	Rata-rata 78,50%; LKM 90%	Mahasiswa merasakan manfaat nyata perangkat pembelajaran
Four-tier	Skor 58,33 → 77,00; MK 30% → 25%	Terjadi perkembangan pemahaman konseptual

Kepraktisan e-modul yang mencapai 85,92% pada angket dan 88,75% pada rekapitulasi observasi menunjukkan bahwa integrasi bahan ajar digital dengan sintaks inquiry dapat dijalankan tanpa hambatan teknis yang berarti. Temuan ini memperkuat laporan bahwa perangkat pembelajaran berbasis inkuiri terbimbing mampu memfasilitasi mahasiswa menjalani tahapan penyelidikan secara terstruktur (Widia et al., 2024) dan bahwa lembar kerja berbasis inquiry efektif memandu aktivitas belajar pada materi biologi (Citraningrum et al., 2025). Persentase respon tertinggi pada kemudahan akses menegaskan bahwa keterbacaan teknis merupakan prasyarat, bukan tujuan akhir; nilai tambah baru muncul ketika mahasiswa menilai e-modul membantu memahami konsep, yaitu pada 87,50%.

Peningkatan rata-rata skor dari 58,33 menjadi 77,00 dengan *normalized gain* 0,45 memperlihatkan bahwa e-modul efektif pada taraf sedang. Yang lebih penting, seluruh mahasiswa mengalami peningkatan sehingga perubahan tidak bersifat sporadis. Pola ini konsisten dengan penelitian yang melaporkan bahwa pembelajaran aktif berbasis penyelidikan meningkatkan pemahaman konsep dan motivasi belajar biologi (Haka et al., 2023) serta melatih keterampilan berpikir kreatif dan kolaborasi (Arifiana et al., 2022). Namun, kenaikan skor semata tidak cukup untuk menyimpulkan bahwa pemahaman telah terbentuk. Diagnosis *four-tier* justru memperlihatkan bahwa proporsi paham konsep hanya naik lima poin persentase, sementara kategori *lucky guess* naik dari 20% menjadi 25%.

Kenaikan *lucky guess* tersebut tidak tepat dibaca sebagai kemunduran. Instrumen empat tingkat dirancang justru untuk memisahkan jawaban benar yang disertai keyakinan dan alasan tepat dari jawaban benar yang diperoleh secara kebetulan (Haka et al., 2023). Mahasiswa yang semula tidak paham konsep atau mengalami miskonsepsi mulai mengenali jawaban yang benar, tetapi belum memiliki struktur pengetahuan yang cukup kuat untuk menjelaskan alasannya. Fenomena ini sejalan dengan pandangan konstruktivisme bahwa pengetahuan baru harus diakomodasi ke dalam struktur kognitif yang sudah ada, dan proses tersebut melewati fase ketidakstabilan sebelum mencapai kesetimbangan baru (Masgumelar & Mustafa, 2021). Miskonsepsi juga dikenal resisten karena diyakini benar oleh pemiliknya, sehingga penurunannya berlangsung bertahap (Dellantonio & Pastore, 2021).

Dinamika pada tingkat kelompok memperkuat penafsiran tersebut. Pergeseran diagnosis kelompok dari paham konsep menjadi *lucky guess* pada K2 dan menjadi miskonsepsi pada K4 menunjukkan bahwa keyakinan awal yang tampak benar dapat terguncang ketika mahasiswa dihadapkan pada konsep yang lebih kompleks. Kondisi ini menyerupai konflik

kognitif yang sengaja dimunculkan dalam model *conceptual change*, di mana keraguan terhadap konsepsi awal justru menjadi prasyarat terjadinya restrukturisasi pemahaman (Haka et al., 2024). Dengan demikian, perubahan konseptual berlangsung dinamis, bukan linear, dan peningkatan individu tidak otomatis menghasilkan perubahan konsepsi kolektif.

Konsep yang paling sulit berubah adalah perbedaan antara aliran energi dan daur materi. Mahasiswa cenderung menyamakan keduanya, padahal energi mengalir searah dan mengalami kehilangan pada setiap tingkat trofik, sedangkan materi bersiklus di dalam ekosistem. Kesulitan serupa terjadi pada arah aliran energi dan piramida energi. Temuan ini konsisten dengan laporan bahwa konsep biologi yang abstrak dan menuntut penalaran hubungan antarkomponen paling rawan melahirkan miskonsepsi persisten (Irani et al., 2020) dan menuntut kemampuan berpikir reflektif yang belum sepenuhnya dimiliki mahasiswa calon guru (Citraningrum et al., 2022; Citraningrum & Machmud, 2024). Selaras dengan itu, aspek observasi yang memperoleh skor terendah adalah merumuskan masalah, menyusun hipotesis, dan menganalisis data, yaitu tahapan yang menuntut penalaran ilmiah tingkat tinggi dan masih memerlukan *scaffolding* dosen.

Konvergensi antara empat sumber data memperkuat keabsahan simpulan. Angket menunjukkan penerimaan yang sangat positif, observasi membuktikan bahwa pembelajaran benar-benar terlaksana dan mahasiswa terlibat, wawancara menjelaskan mengapa perangkat tersebut dirasakan membantu, dan tes diagnostik memperlihatkan arah perubahan konsepsi. Menarik bahwa 40% mahasiswa secara sadar menyatakan masih memiliki konsep yang perlu diperdalam, dan konsep yang mereka sebut sama persis dengan konsep yang teridentifikasi lemah pada tes diagnostik. Kesadaran metakognitif ini, yang juga tampak pada 75% mahasiswa yang menyadari miskonsepsinya melalui *four-tier* dan 80% yang lebih memperhatikan alasan di balik jawaban, merupakan capaian yang jarang terjadi pada pembelajaran yang hanya berorientasi hasil (Wafom et al., 2024).

Implikasi hasil penelitian ini bagi bidang pendidikan biologi ada tiga. Pertama, keefektifan bahan ajar tidak cukup dinilai dari kenaikan skor, melainkan perlu dibaca bersama kualitas konsepsi, tingkat keyakinan, dan kemampuan mahasiswa memberikan alasan, sehingga *four-tier diagnostic test* layak diposisikan sebagai instrumen evaluasi rutin, bukan sekadar alat penelitian. Kedua, integrasi diagnosis ke dalam bahan ajar mengubah peran instrumen dari alat ukur menjadi alat belajar, karena mahasiswa memperoleh umpan balik konseptual pada saat proses belajar berlangsung. Ketiga, pengembangan e-modul berikutnya perlu memperkuat *scaffolding* pada tahap merumuskan masalah, menyusun hipotesis, dan menganalisis data, serta menyediakan representasi visual dan konteks yang lebih beragam untuk konsep abstrak seperti aliran energi dan daur materi, agar pergeseran menuju kategori paham konsep berlangsung lebih tuntas.

SIMPULAN

E-modul biologi berbasis inquiry terintegrasi *four-tier diagnostic test* yang dikembangkan dengan model Four-D terbukti praktis dan efektif pada taraf sedang untuk meningkatkan pemahaman konsep serta mereduksi miskonsepsi mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi pada materi interaksi ekosistem. Kepraktisan ditunjukkan oleh respon mahasiswa sebesar 85,92%, keterlaksanaan perkuliahan 92,50%, dan aktivitas mahasiswa 85,00% yang seluruhnya berkategori sangat baik. Keefektifan ditunjukkan oleh peningkatan rata-rata skor dari 58,33 menjadi 77,00 dengan *normalized gain* 0,45 dan peningkatan yang dialami seluruh subjek, disertai penurunan

miskonsepsi dari 30% menjadi 25% dan ketidakpahaman konsep dari 10% menjadi 5%. Kenaikan kategori *lucky guess* dari 20% menjadi 25% serta bertahannya kesulitan pada konsep aliran energi dan daur materi menunjukkan bahwa restrukturisasi konseptual masih berlangsung dan belum sepenuhnya stabil, sehingga keberhasilan pembelajaran lebih tepat dimaknai sebagai proses perkembangan pemahaman daripada penghapusan miskonsepsi secara langsung.

DAFTAR PUSTAKA

Antika, R. N., & Marpaung, R. R. (2023). Profil literasi sains dan literasi digital mahasiswa Universitas Muhammadiyah Palembang. *Oryza: Jurnal Pendidikan Biologi, 12*(1), 59–68. https://doi.org/10.33627/oz.v12i1.1051

Arifiana, M., Citraningrum, M., Astuti, Y., & Hidayah, N. (2022). Creative thinking and collaboration skills: Improved learning with the CORE model of biology subjects. *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA, 12*(2), 255–269.

Citraningrum, M. (2022). *Pengembangan keterampilan berpikir reflektif dan penguasaan konsep melalui dialogical inquiry berorientasi paradigma pedagogik reflektif (DI-PPR)* [Disertasi tidak dipublikasikan]. Universitas Pendidikan Indonesia.

Citraningrum, M., & Machmud, A. (2024). Students' reflective thinking on the topic of protozoa. *Islamic Journal of Integrated Science Education (IJISE), 3*(2), 119–130.

Citraningrum, M., Sanjaya, Y., & Sudargo, F. (2024). Assessing the concept understanding abilities of prospective biology teachers. *KnE Social Sciences*, 32–38. https://doi.org/10.18502/kss.v9i6.15665

Citraningrum, M., Sanjaya, Y., Sudargo, F., & Riandi, R. (2022). The reflective thinking skills of prospective teachers on invertebrate zoology course. *Biosfer: Jurnal Tadris Biologi, 13*(1), 67–74. https://doi.org/10.24042/biosfer.v13i1.1231 0

Citraningrum, M., Sanjaya, Y., Sudargo, F., Riandi, R., Rakhmawati, I., & Haka, N. B. (2025). Development of inquiry-based student worksheet on the phylum Platyhelminthes, Nemathelminthes, and Annelida materials. *Biosfer: Jurnal Tadris Biologi, 16*(1), 153–169. https://doi.org/10.24042/biosfer.v16i1.28158

Dellantonio, S., & Pastore, L. (2021). Ignorance, misconceptions and critical thinking. *Synthese, 198*(8), 7473–7501. https://doi.org/10.1007/s11229-019-02529-7

González García, E., Colomo Magaña, E., & Cívico Ariza, A. (2020). Quality education as a sustainable development goal in the context of 2030 agenda: Bibliometric approach. *Sustainability, 12*(15), 5884. https://doi.org/10.3390/su12155884

Haka, N. B., Apriyanti, C., Masya, H., Handoko, A., & Citraningrum, M. (2024). Apakah model pembelajaran conceptual change dengan konflik kognitif dapat mereduksi miskonsepsi dan meningkatkan self-regulation? *Al Jahiz: Journal of Biology Education Research, 5*(1), 1–19. https://doi.org/10.32332/al-jahiz.v5i1.9012

Haka, N. B., Mirani, E. H., Kesumawardani, A. D., Masya, H., Ningrum, M. C., & Rakhmawati, I. (2023). Menentukan peningkatan pemahaman konsep dan motivasi belajar pada mata pelajaran biologi menggunakan model problem based learning berbasis web Google Sites. *JEID: Journal of Educational Integration and Development, 3*(4), 227–244. https://doi.org/10.55868/jeid.v3i4.320

Haka, N. B., Suri, M., Supriyadi, S., Handoko, A., & Citraningrum, M. (2023). Diagnosing students' biology misconceptions using an android-based four-tier multiple choice test. *Jurnal Atrium Pendidikan Biologi, 8*(1), 1–7. https://doi.org/10.24036/apb.v8i1.13320

Indaryanti, R. B., Harsono, H., Sutama, S., Murtiyasa, B., & Soemardjoko, B. (2025). 4D research and development model: Trends, challenges, and opportunities

review. *Jurnal Kajian Ilmiah, 25*(1), 91–98. https://doi.org/10.31599/na7deq07

Irani, N. V., Zulyusri, Z., & Darussyamsu, R. (2020). Miskonsepsi materi biologi SMA dan hubungannya dengan pemahaman siswa. *Jurnal Biolokus: Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi dan Biologi, 3*(2), 295–300. https://doi.org/10.30821/biolokus.v3i2.823

Judijanto, L., Muhammadiah, M. U., Utami, R. N., Suhirman, L., Laka, L., Boari, Y., Lembang, S. T., Wattimena, F. Y., Astriawati, N., Laksono, R. D., & Yunus, M. (2024). *Metodologi research and development: Teori dan penerapan metodologi RnD*. Sonpedia Publishing Indonesia.

Kesumawardani, A. D., Qhotifa, S., Haka, N. B., Hidayah, N., & Citraningrum, M. (2024). Apakah model pembelajaran SOLE menjadi solusi meningkatkan science literacy dan self-regulation dalam pembelajaran biologi? *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP Universitas Lampung*, 566–578.

Masgumelar, N. K., & Mustafa, P. S. (2021). Teori belajar konstruktivisme dan implikasinya dalam pendidikan dan pembelajaran. *GHAITSA: Islamic Education Journal, 2*(1), 49–57. https://doi.org/10.62159/ghaitsa.v2i1.188

Ristanto, R. H., Miarsyah, M., & Fitrianingtyas, S. A. (2023). Critical thinking and biological literacy: Relationship with conceptual understanding of plant tissue. *Edusains, 15*(1), 99–111. https://doi.org/10.15408/es.v13i2.33880

Rophi, A. H., Megawati, R., Aiboy, Y. T., Citraningrum, M., & Raunsay, E. K. (2024). Analysis of science process skills of junior high school students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 10*(5), 2294–2299. https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i5.7194

Wafom, J. Y., Prabawati, R., & Citraningrum, M. (2024). Pengaruh model pembelajaran problem solving terhadap hasil belajar IPA siswa kelas VII SMP Negeri 11 Kabupaten Sorong. *Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (JP-IPA), 5*(2), 101–109. https://doi.org/10.56842/jp-ipa.v5i2.335

Widia, W., Soetjipto, S., Ibrahim, M., Sarnita, F., & Saifullah, S. (2024). Pengembangan perangkat pembelajaran fisika berbasis inkuiri terbimbing untuk melatihkan keterampilan berpikir kreatif siswa. *Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (JP-IPA), 5*(1), 18–27. https://doi.org/10.56842/jp-ipa.v5i1.284