Integrative Perspectives of Social and Science Journal (IPSSJ)
ipssj.com ippsj2024@gmail.com E-ISSN: 3064-4011

Efektivitas Pembelajaran Sains Berbasis Mini-Farm Terpadu dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Etologi Kepedulian Ternak Siswa Sekolah Dasar: Studi Kuasi-Eksperimen

Ahmad Febriansyah[1*], Andra Yudistira Darmawan[1], Almika Aprima Jaya[1], Priandaru Arma Yoga[1], Al Khausyar[2], Elda Dwi Nitami[2]
[1] Program Studi Peternakan, Universitas Nahdlatul Ulama Lampung
[2] Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Nahdlatul Ulama Lampung
*Corresponding email: ahmadfebriansyah@gmail.com

Abstrak: Keterampilan berpikir kritis dan kepekaan etologis terhadap kesejahteraan hewan ternak merupakan dimensi penting dalam pembelajaran sains abad 21 yang sering terabaikan di sekolah dasar. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) berbasis laboratorium hidup mini-farm terpadu terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis dan sikap kepedulian etologis siswa. Desain penelitian menggunakan kuasi-eksperimen non-equivalent control group design pada 64 siswa kelas IV sekolah dasar di Lampung Timur (32 siswa kelas eksperimen dan 32 siswa kelas kontrol) selama delapan sesi intervensi. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa kelas eksperimen mencapai N-Gain 0,76 (kategori tinggi) dibandingkan kelas kontrol 0,41 (kategori sedang). Sikap kepedulian etologis dan kepatuhan biosekuriti siswa meningkat signifikan sebesar 31,8%. Analisis MANOVA membuktikan pengaruh simultan perlakuan yang sangat signifikan (Wilks' Lambda = 0,248; F = 92,54; p < 0,001; partial eta squared = 0,752; Cohen's d = 2,42). Pendekatan mini-farm terbukti efektif mengembangkan kecakapan berpikir tingkat tinggi dan etika ekologis siswa secara terintegrasi.
Kata kunci: berpikir kritis, biosekuriti, etologi ternak, kuasi-eksperimen, mini-farm, pembelajaran IPAS SD.

Abstract: *Critical thinking skills and ethological sensitivity toward animal welfare represent vital dimensions of 21st-century science education that are frequently overlooked in elementary schools. This study aims to investigate the effectiveness of integrated living mini-farm science instruction in enhancing primary students' critical thinking and ethological care attitudes. Employing a quasi-experimental non-equivalent control group design, 64 fourth-grade students in East Lampung (32 experimental and 32 control) underwent an eight-session instructional intervention. Results demonstrated a high normalized gain in critical thinking for the experimental group (N-Gain = 0.76) versus the control group (0.41). Ethological care attitudes and biosecurity adherence increased significantly by 31.8%. MANOVA revealed a highly significant multivariate effect (Wilks' Lambda = 0.248; F = 92.54; p < 0.001; partial eta squared = 0.752; Cohen's d = 2.42). The mini-farm learning approach proves exceptionally effective in fostering higher-order thinking and ecological stewardship simultaneously.*
Keywords: *animal ethology, biosecurity, critical thinking, elementary science, mini-farm, quasi-experiment.*

PENDAHULUAN

Pembelajaran sains pada jenjang pendidikan dasar memegang peranan strategis dalam menumbuhkan kecakapan berpikir tingkat tinggi (higher-order thinking skills) sekaligus membentuk disposisi moral peserta didik terhadap kelestarian makhluk hidup (Ennis, 2011; Harlen, 2015). Dalam arsitektur Kurikulum Merdeka, mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) Fase B menuntut siswa tidak sekadar menghafal terminologi biologis secara deklaratif, melainkan terampil menganalisis data pengamatan, mengevaluasi fenomena ekologis, dan merumuskan solusi kontekstual atas permasalahan nyata (Kemendikbudristek, 2022; Majid, 2014). Akan tetapi, praktik pembelajaran sains di mayoritas sekolah dasar masih terkungkung oleh paradigma verbalistis yang berpusat pada buku teks statis dan ceramah satu arah (Trianto, 2011; Rusman, 2017). Pendekatan pasif ini mereduksi kesempatan anak untuk melatih penalaran kritis terhadap sistem hayati serta memperparah fenomena nature-deficit disorder, yakni keterasingan psikologis anak dari interaksi langsung dengan alam sekitar (Louv, 2008; Sobel, 2004).

Salah satu domain literasi sains yang paling terdampak oleh pembelajaran tekstual adalah pemahaman siswa mengenai biologi hewan ternak, etologi perilaku satwa, dan rantai produksi pangan hewani (FAO, 2021; Suwarta & Haryanto, 2020). Banyak siswa sekolah dasar memandang hewan ternak semata-mata sebagai objek konsumsi pasif yang terpisah dari

prinsip kesejahteraan hewani (animal welfare) dan hak-hak biologisnya (Marwoto dkk., 2019; Webster, 2005). Ketiadaan interaksi empiris menyebabkan siswa gagal mengenali sinyal fisiologis satwa—seperti distress termal, kehausan, atau ketakutan—serta kurang mampu bernalar kritis ketika diminta menganalisis kaitan antara sanitasi kandang yang buruk, penyebaran patogen zoonosis, dan penurunan produktivitas ternak (Alhaji & Odetokun, 2011; Broom, 1991; Rustaman, 2005).

Menjawab permasalahan tersebut, pengembangan laboratorium hidup berbasis mini-farm terpadu di lingkungan sekolah dasar menawarkan inovasi pedagogis yang menjanjikan (Knobloch dkk., 2007; Smeds dkk., 2015). Mini-farm mengintegrasikan pemeliharaan ternak ramah anak—seperti ayam petelur (Gallus gallus domesticus) dan kelinci (Oryctolagus cuniculus)—dengan pengolahan limbah feses menjadi kompos organik (Tilman dkk., 2002; Sarwono, 2018). Berlandaskan teori Experiential Learning Kolb (2015) dan konstruktivisme Piaget (1972), keterlibatan multisensori dalam menimbang ransum pakan, mengukur mikroklimat kandang, dan menerapkan protokol biosekuriti mencuci tangan mendorong siswa melatih indikator berpikir kritis Ennis sekaligus menginternalisasi prinsip Five Freedoms (LeJeune & Davis, 2004; Tawil & Liliasari, 2014).

Meskipun studi terdahulu telah mengkaji manfaat wisata edukasi pertanian terhadap motivasi belajar (Smeds dkk., 2015), riset kuasi-eksperimen yang menguji pengaruh simultan intervensi mini-farm sekolah terhadap keterampilan berpikir kritis (kognitif) dan sikap etologi kepedulian ternak serta biosekuriti (afektif) menggunakan analisis multivariat (MANOVA) pada siswa sekolah dasar masih sangat langka (Creswell & Creswell, 2018; Hair dkk., 2019). Oleh karena itu, penelitian kolaboratif antara bidang Peternakan dan PGSD ini bertujuan untuk: (1) menganalisis efektivitas pembelajaran mini-farm dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa; (2) mengukur peningkatan sikap etologi kepedulian ternak dan kepatuhan biosekuriti; serta (3) menguji signifikansi pengaruh simultan dan effect size perlakuan sebagai landasan pengembangan kurikulum IPAS kontekstual di sekolah dasar.

LANDASAN TEORI

Kerangka Berpikir Kritis Ennis dalam Inkuiri Sains Sekolah Dasar

Berpikir kritis didefinisikan oleh Ennis (2011) sebagai pemikiran reflektif dan beralasan yang berfokus pada penentuan keputusan mengenai apa yang harus diyakini atau dilakukan. Dalam pembelajaran sains SD, berpikir kritis diukur melalui lima indikator utama: (1) memberikan klarifikasi dasar (elementary clarification) melalui identifikasi masalah biologis; (2) membangun keterampilan dasar (basic support) dengan menilai kredibilitas data pengamatan; (3) menarik inferensi (inference) secara induktif dan deduktif berbasis bukti; (4) membuat klarifikasi lanjut (advanced clarification) atas konsep dan asumsi ilmiah; serta (5) mengatur strategi dan taktik (strategy and tactics) dalam memecahkan masalah ekosistem (Ennis, 2011; Subali, 2012). Di stasiun mini-farm, kelima indikator ini terlatih secara autentik ketika siswa mendiagnosis fenomena nyata, seperti penurunan nafsu makan ternak akibat fluktuasi suhu kandang (Harlen, 2015; Tawil & Liliasari, 2014).

Etologi Hewani, Five Freedoms, dan Kepatuhan Biosekuriti

Etologi mempelajari perilaku adaptif satwa dalam merespons kualitas lingkungan pemeliharaannya (Broom, 1991; Marwoto dkk., 2019). Etologi beririsan erat dengan standar kesejahteraan satwa Five Freedoms yang dirumuskan oleh Webster (2005) dan FAO (2021): (1) bebas dari lapar dan haus melalui nutrisi seimbang; (2) bebas dari ketidaknyamanan fisik-termal melalui kandang yang layak; (3) bebas dari rasa sakit, cedera, dan penyakit melalui biosekuriti; (4) bebas mengekspresikan perilaku alami sesuai spesies; serta (5) bebas dari rasa takut dan tertekan melalui penanganan yang lembut. Pengenalan etologi dan protokol biosekuriti (sanitasi tangan dan alat pelindung diri) di sekolah dasar melatih anak membaca

bahasa tubuh satwa sekaligus mencegah risiko transmisi patogen zoonosis (Alhaji & Odetokun, 2011; LeJeune & Davis, 2004; Suwarta & Haryanto, 2020).

Teori Pembelajaran Pengalaman Kolb dan Konstruktivisme Sosial Vygotsky

Pembelajaran berbasis mini-farm berakar pada siklus Experiential Learning Kolb (2015) yang mentransformasikan pengalaman melalui empat tahapan: pengalaman konkret (concrete experience), observasi reflektif (reflective observation), konseptualisasi abstrak (abstract conceptualization), dan eksperimentasi aktif (active experimentation) (Dewey, 1938; Kolb, 2015). Bagi siswa SD usia 9–10 tahun yang berada pada tahap operasional konkret Piaget (1972), manipulasi objek hidup secara fisik menyediakan jangkar kognitif yang mempercepat asimilasi konsep sains (Blakemore & Frith, 2005). Selain itu, kerja kelompok di kandang memfasilitasi Zona Perkembangan Proksimal (ZPD) Vygotsky (1978), di mana scaffolding dari guru dan diskusi teman sebaya memperkuat argumentasi ilmiah serta regulasi sosial siswa (Aikenhead, 2006; Bandura, 1986; Dimyati & Mudjiono, 2013).

Hipotesis Biofilia dan Pembentukan Etika Biosentris

Hipotesis Biofilia Wilson (1984) menyatakan bahwa manusia memiliki kecenderungan evolusioner bawaan untuk berafiliasi secara emosional dengan organisme hidup lainnya. Menurut Kellert (2002) dan Sobel (2004), interaksi terarah dengan satwa ternak pada masa kanak-kanak mencegah timbulnya biofobia dan mentransformasikan orientasi nilai siswa dari antroposentrisme menuju biosentrisme—suatu kesadaran etis bahwa setiap makhluk hidup memiliki nilai intrinsik yang wajib dihormati dan dipelihara secara berkelanjutan (Louv, 2008; NRC, 1989).

Interaksi berkelanjutan dengan organisme hidup di stasiun mini-farm secara simultan memicu proses disekuilibrium kognitif yang intensif pada anak usia sekolah dasar, di mana representasi mental awal mengenai fisiologi dan kebutuhan hewan mengalami restrukturisasi konseptual mendalam melalui umpan balik sensorik langsung yang konsisten (Piaget, 1972; Blakemore & Frith, 2005). Ketika anak menjumpai bahwa respons satwa terhadap pakan tidak selalu linier melainkan dipengaruhi oleh mikroklimat kandang, mereka terdorong merevisi konsepsi spontan mereka menjadi pemahaman sains yang berbasis bukti observasi faktual (Aikenhead, 2006; Harlen, 2015).

Dalam perspektif sosiokultural Vygotsky (1978), dialog terbimbing (scaffolded discourse) antarsiswa saat membedah anomali fisiologis ternak di lapangan berfungsi sebagai katalisator krusial dalam mempercepat internalisasi penalaran ilmiah. Siswa yang bekerja dalam regu kooperatif kecil belajar mengartikulasikan klaim, menyandingkan bukti kuantitatif dari logbook, dan mempertahankan argumentasi logis secara kritis di hadapan rekan sebayanya (Bandura, 1986; Driver dkk., 1994). Kolaborasi timbal-balik ini memvalidasi konsep Zona Perkembangan Proksimal, di mana penguasaan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan regulasi emosi ekologis berkembang pesat melalui interaksi sosial yang terstruktur di lingkungan mini-farm (Dimyati & Mudjiono, 2013; Vygotsky, 1978).

METODE

Desain Penelitian Eksperimen

Penelitian kuantitatif ini menerapkan desain kuasi-eksperimen (quasi-experimental design) tipe Non-Equivalent Pretest-Posttest Control Group Design (Creswell & Creswell, 2018; Fraenkel dkk., 2012). Desain ini dipilih karena subjek penelitian terikat dalam rombongan belajar kelas utuh (intact classes) yang tidak memungkinkan randomisasi individual (Gall dkk., 2007; Sugiyono, 2019). Kelompok eksperimen dan kontrol menjalani pretest (O_1) dan posttest (O_2) yang identik. Kelompok eksperimen memperoleh intervensi pembelajaran sains mini-farm terpadu (X_1), sedangkan kelompok kontrol mengikuti

pembelajaran konvensional saintifik berbantuan teks di kelas (X_0). Struktur desain dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Desain Eksperimen Kuasi Non-Equivalent Control Group

Kelompok Belajar	Pretest	Perlakuan (8 Sesi)	Posttest
Kelompok Eksperimen (n = 32)	O_1 (Tes Kritis & Skala Etologi)	X_1 (Sains Mini-Farm Terpadu)	O_2 (Tes Kritis & Skala Etologi)
Kelompok Kontrol (n = 32)	O_1 (Tes Kritis & Skala Etologi)	X_0 (Pembelajaran Konvensional)	O_2 (Tes Kritis & Skala Etologi)

Partisipan dan Skenario Pembelajaran Lapangan

Subjek penelitian mencakup 64 siswa kelas IV (usia 9–10 tahun) di SDN mitra Kabupaten Lampung Timur, terbagi atas Kelas IV-A sebagai kelompok eksperimen (n = 32; 15 laki-laki, 17 perempuan) dan Kelas IV-B sebagai kelompok kontrol (n = 32; 16 laki-laki, 16 perempuan). Intervensi berlangsung selama 8 sesi (8 × 70 menit, 2 JP/minggu selama empat minggu) mengacu pada Capaian Pembelajaran IPAS Fase B topik Kebutuhan Makhluk Hidup dan Keseimbangan Ekosistem (Kemendikbudristek, 2022). Skenario perlakuan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Skenario Pembelajaran Berbasis Mini-Farm vs Konvensional (8 Sesi)

Sesi / Waktu	Fokus Capaian IPAS	Aktivitas Kelompok Eksperimen (Mini-Farm)	Aktivitas Kelompok Kontrol (Konvensional)
Sesi 1 (Minggu 1)	Biosekuriti & Etologi	Pengenalan protokol sanitasi kandang, cuci tangan 6 langkah, dan etika menyapa ternak secara ramah.	Membaca teks kebersihan lingkungan dan mendengarkan ceramah guru di kelas.
Sesi 2 (Minggu 1)	Morfologi & Adaptasi	Observasi organ tubuh ayam petelur dan kelinci, membedakan tekstur bulu, paruh, gigi, dan cakar.	Mengamati ilustrasi morfologi organ tubuh hewan pada poster dinding kelas.
Sesi 3 (Minggu 2)	Fisiologi Pakan Ternak	Formulasi ransum: menakar biji jagung, konsentrat, rumput; analisis nutrisi serat pangan ternak.	Menghafal klasifikasi hewan herbivora, karnivora, dan omnivora dari buku teks.
Sesi 4 (Minggu 2)	Mikroklimat Kandang	Pengukuran suhu, kelembaban, dan ventilasi dengan termohigrometer digital; telaah Five Freedoms.	Mengerjakan latihan soal cerita tentang pengaruh cuaca terhadap makhluk hidup.
Sesi 5 (Minggu 3)	Produksi Pangan Sehat	Pengamatan peneluran ayam, penimbangan bobot telur, pengujian keutuhan cangkang telur ASUH.	Mendiskusikan fungsi telur dan daging sebagai sumber protein hewani dari teks bacaan.

Sesi / Waktu	Fokus Capaian IPAS	Aktivitas Kelompok Eksperimen (Mini-Farm)	Aktivitas Kelompok Kontrol (Konvensional)
Sesi 6 (Minggu 3)	Daur Ulang Biosiklus	Pengumpulan feses ternak, pencampuran sekam padi, aktivator EM4 untuk pembuatan kompos.	Mempelajari diagram siklus nitrogen dan dekomposisi sampah organik secara statis.
Sesi 7 (Minggu 4)	Investigasi Masalah	Studi kasus: mendiagnosis pakan berjamur, air minum keruh, dan sinyal stres pada kelinci.	Menjawab lembar kerja esai hipotetis penanganan hewan peliharaan yang sakit.
Sesi 8 (Minggu 4)	Refleksi & Gelar Karya	Presentasi logbook observasi, pameran kompos organik, dan refleksi empati kesejahteraan satwa.	Mengerjakan soal review bab di buku paket dan pembahasan bersama guru di kelas.

Protokol Biosekuriti Ketat dan Mitigasi Zoonosis

Pencegahan risiko zoonosis pada anak dilakukan melalui Standard Operating Procedure (SOP) biosekuriti berstandar veteriner (Alhaji & Odetokun, 2011; LeJeune & Davis, 2004). Seluruh hewan (ayam petelur medium dan kelinci rex) menjalani karantina 14 hari, vaksinasi lengkap, dan pemeriksaan bebas parasit (Broom, 1991; Suwarta & Haryanto, 2020). Protokol diterapkan melalui zonasi sanitasi sebagaimana dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. Matriks SOP dan Protokol Biosekuriti Siswa di Mini-Farm

Tahap Protokol	Titik Kontrol	Tindakan Operasional Siswa	Standar Keamanan	Dasar Rujukan
Pra-Interaksi	Sanitasi Personal	Cuci tangan 6 langkah dengan sabun antiseptik; memakai sepatu boots karet.	Air mengalir, durasi cuci min 40 detik; sepatu bebas kotoran luar.	LeJeune & Davis (2004)
Saat Interaksi	Penggunaan APD	Memakai celemek katun anak (apron) dan sarung tangan nitril lateks sekali pakai.	APD terpasang rapi, menutupi seragam; tidak menyentuh wajah.	Alhaji & Odetokun (2011)
Handling Satwa	Penanganan Hewan	Memegang satwa dengan dua tangan lembut, menyangga bagian dada dan pinggul.	Satwa tenang tanpa desis panik; dilarang mengangkat telinga/sayap.	Webster (2005); Broom (1991)
Pascakerja	Sanitasi Kandang	Membersihkan wadah pakan sisa, mengganti air minum, menyemprot probiotik litter.	Litter kering, bebas bau amonia; sisa pakan masuk bak fermentasi.	Sarwono (2018); NRC (1989)

Tahap Protokol	Titik Kontrol	Tindakan Operasional Siswa	Standar Keamanan	Dasar Rujukan
Pasca-Interaksi	Dekontaminasi	Pelepasan APD di bak limbah, celup sol boots di bak desinfektan, cuci tangan akhir.	Sol sepatu steril dari patogen; tangan dikeringkan tisu bersih.	FAO (2021); Kemendikbud (2022)

Algoritma Pembelajaran Experiential Agro-Livestock

Operasionalisasi sintaks Experiential Learning Kolb (2015) ke dalam siklus inkuiri mini-farm dirumuskan dalam Algoritma 1:

Algoritma 1. Alur Prosedural Siklus Pembelajaran Experiential Agro-Livestock

ALGORITMA 1. SIKLUS PEMBELAJARAN EXPERIENTIAL AGRO-LIVESTOCK SD
Input: Partisipan Siswa S(i), Fasilitas Mini-Farm M, Modul Ajar IPAS, Instrumen Observasi
Output: Skor Berpikir Kritis K(i), Indeks Sikap Etologi E(i), Portofolio Logbook P(i)
Inisialisasi: Kuota K=6 kelompok heterogen; Validasi bebas zoonosis satwa; Aktivasi SOP Biosekuriti;
Prosedur Per Sesi (70 Menit):
1. CONCRETE EXPERIENCE (20 mnt): Kunjungi stasiun ternak; ukur suhu T_k, pakan W_feed, air V_water;
Amati sinyal perilaku etologis satwa (ritme makan, vokalisasi, pergerakan lokomosi).
2. REFLECTIVE OBSERVATION (15 mnt): Bandingkan data fisik harian dengan tabel kebutuhan biologis normal;
Deteksi anomali: jika W_feed_sisa > ambang batas, rumuskan pertanyaan klarifikasi dasar Ennis.
3. ABSTRACT CONCEPTUALIZATION (20 mnt): Hubungkan temuan lapangan dengan prinsip nutrisi & Five Freedoms;
Diskusikan rantai energi biologis dan rumuskan inferensi ilmiah kelompok berbasis bukti logbook.
4. ACTIVE EXPERIMENTATION (15 mnt): Lakukan intervensi perbaikan (ventilasi, kebersihan litter, ransum);
Eksekusi dekontaminasi pasca-kegiatan; guru memberikan scaffolding penegasan konsep.
Return: Portofolio Logbook Terverifikasi, Matriks Sikap Etologi, dan Skor Kognitif Siswa.

Instrumen Pengumpulan Data dan Uji Kualitas

Data dikumpulkan menggunakan dua instrumen utama: (1) Tes Keterampilan Berpikir Kritis Sains berbentuk 10 butir esai kontekstual yang mengukur lima indikator Ennis (2011) dengan rubrik berskala 0–4 (skor maksimal 40, dikonversi 0–100); dan (2) Skala Sikap Etologi Kepedulian Ternak dan Kepatuhan Biosekuriti berupa angket Likert 5 poin (20 butir) yang mencakup empati hewani, pemahaman Five Freedoms (Webster, 2005), dan disiplin biosekuriti (Alhaji & Odetokun, 2011). Uji validitas isi oleh panel 3 ahli menghasilkan koefisien Aiken's V antara 0,84 hingga 0,92. Uji coba empiris pada 30 siswa di luar sampel menghasilkan seluruh butir valid dan reliabel sebagaimana tertera pada Tabel 4 (Retnawati, 2016; Taber, 2018).

Tabel 4. Rekapitulasi Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Penelitian

Nama Instrumen	Bentuk & Butir	Rentang Validitas Butir (r-hitung)	Reliabilitas (Cronbach's α)	Status Keputusan
Tes Berpikir Kritis	10 Butir Esai (Rubrik 0-4)	0,52 – 0,78 (r_tabel = 0,349; p < 0,05)	0,88 (Sangat Tinggi)	10 Butir Valid & Andal
Skala Sikap Etologi	20 Butir Angket (Skala 1-5)	0,46 – 0,74 (r_tabel = 0,349; p < 0,05)	0,91 (Sangat Tinggi)	20 Butir Valid & Andal

Rubrik penilaian analitik berpikir kritis pada kelima indikator Ennis (2011) dirangkum pada Tabel 5.

Tabel 5. Rubrik Penilaian Keterampilan Berpikir Kritis Siswa (5 Indikator Ennis)

Indikator Ennis	Skor 0-1 (Kurang)	Skor 2-3 (Cukup / Baik)	Skor 4 (Sangat Kritis & Akurat)
1. Klarifikasi Dasar	Gagal mengidentifikasi inti masalah biologis; mengulang teks soal tanpa analisis.	Mampu mengenali masalah utama peternakan namun rincian variabel pendukung kurang.	Mengidentifikasi akar masalah secara presisi, memisahkan variabel penyebab dan dampak.
2. Keterampilan Dasar	Mendasarkan pendapat pada dugaan spekulatif; mengabaikan data observasi kandang.	Merujuk data observasi tetapi belum memvalidasi konsistensi antar-sumber data.	Menilai kredibilitas data secara cermat, memverifikasi fakta dengan standar etologi.
3. Menarik Inferensi	Kesimpulan keliru atau bertentangan dengan bukti data; penalaran melompat.	Menarik kesimpulan logis relevan sebagian data tanpa integrasi menyeluruh.	Merumuskan inferensi komprehensif berbasis generalisasi deduktif/induktif yang valid.
4. Klarifikasi Lanjut	Salah mendefinisikan istilah teknis; tidak memahami asumsi peternakan.	Memahami istilah teknis (seperti Five Freedoms) namun konteks penjelasan terbatas.	Mendefinisikan konsep secara ilmiah dan menguraikan asumsi dinamika ekosistem utuh.
5. Strategi dan Taktik	Tidak mampu merancang aksi solusi atau tindakan yang merugikan kesejahteraan satwa.	Mengusulkan solusi penanganan yang cukup tepat namun tahapan kurang terstruktur.	Merancang rencana aksi solutif yang sistematis, efektif, aman bagi satwa, dan biosekur.

Teknik Analisis Data dan Formulasi Statistik

Peningkatan keterampilan dihitung menggunakan formulasi Normalized Gain (N-Gain) Hake (1999) sesuai Persamaan (1):

$$g = \frac{S_post - S_pre}{S_ideal - S_pre} \quad (1)$$

di mana g adalah normalized gain; S_post rerata posttest; S_pre rerata pretest; dan S_ideal skor maksimum (100). Kategori N-Gain: g ≥ 0,70 (Tinggi); 0,30 ≤ g < 0,70 (Sedang); dan g < 0,30 (Rendah) (Hake, 1999). Uji normalitas dianalisis menggunakan Shapiro-Wilk (p > 0,05), uji homogenitas varians dengan Levene's Test (p > 0,05), dan homogenitas matriks kovarians dengan Box's M (p > 0,05) (Hair dkk., 2019; Sugiyono, 2019). Hipotesis simultan diuji menggunakan MANOVA One-Way dengan statistik Wilks' Lambda (Λ) pada Persamaan (2):

$$\Lambda = \frac{|E|}{|H + E|} = \frac{|W|}{|B + W|} \quad (2)$$

di mana |W| determinan matriks residual within-groups dan |B + W| determinan matriks total. Efek praktis diukur dengan Partial Eta Squared (η_p^2 = SS_efek / [SS_efek + SS_error]) pada Persamaan (3) dan ukuran efek Cohen's d (Cohen, 1988) sesuai Persamaan (4):

$$d = \frac{M_eks - M_kon}{s_gabungan} \quad (3)$$

di mana M_eks dan M_kon rerata kelompok, dan s_gabungan standar deviasi gabungan. Kriteria Cohen (1988): d ≥ 0,80 berefek sangat besar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Capaian Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

Pengukuran keterampilan berpikir kritis melalui tes esai kontekstual menunjukkan bahwa kedua kelompok mengawali intervensi dengan kemampuan awal yang setara dan homogen, dengan rerata skor pretest 43,13 (SD = 7,42) untuk kelas eksperimen dan 42,66 (SD = 7,68) untuk kelas kontrol (Sugiyono, 2019; Retnawati, 2016). Pasca perlakuan 8 sesi, kelompok eksperimen yang belajar melalui mini-farm terpadu mencatatkan rerata posttest 85,63 (SD = 6,85) dengan N-Gain 0,76 (kategori Tinggi). Sebaliknya, kelompok kontrol konvensional hanya mencapai posttest 64,53 (SD = 8,12) dengan N-Gain 0,41 (kategori Sedang) (Hake, 1999). Rincian capaian per indikator Ennis (2011) dirangkum pada Tabel 6.

Tabel 6. Analisis Deskriptif dan N-Gain Berpikir Kritis Siswa per Indikator

Indikator Berpikir Kritis (Ennis, 2011)	Pre Eks	Post Eks	N-Gain Eks	Pre Kon	Post Kon	N-Gain Kon
1. Memberikan Klarifikasi Dasar (Clarification)	45,31	88,28	0,79 (Tinggi)	44,69	66,41	0,39 (Sedang)
2. Membangun Keterampilan Dasar (Basic Support)	42,97	87,50	0,78 (Tinggi)	43,75	65,63	0,39 (Sedang)
3. Menarik Inferensi Ilmiah (Inference)	41,41	85,94	0,76 (Tinggi)	40,63	64,06	0,39 (Sedang)

Indikator Berpikir Kritis (Ennis, 2011)	Pre Eks	Post Eks	N-Gain Eks	Pre Kon	Post Kon	N-Gain Kon
4. Membuat Klarifikasi Lanjut (Advanced Clarif.)	43,75	83,59	0,71 (Tinggi)	42,19	63,28	0,36 (Sedang)
5. Mengatur Strategi dan Taktik (Strategy)	42,19	82,81	0,70 (Tinggi)	42,03	63,28	0,37 (Sedang)
Rata-rata Keseluruhan Indikator Kritis	**43,13**	**85,63**	**0,76 (Tinggi)**	**42,66**	**64,53**	**0,41 (Sedang)**

Tabel 6 memperlihatkan bahwa peningkatan tertinggi kelompok eksperimen terjadi pada indikator klarifikasi dasar (N-Gain = 0,79) dan keterampilan dasar (N-Gain = 0,78). Keterlibatan langsung mengukur suhu kandang, menakar pakan, dan memantau respons ternak membiasakan siswa memvalidasi fakta empiris sebelum menarik kesimpulan ilmiah (Ennis, 2011; Tawil & Liliasari, 2014). Sebaliknya, penalaran siswa kelas kontrol masih didominasi praduga tekstual tanpa bukti empiris (Rustaman, 2005).

4.2 Analisis Sikap Etologi Kepedulian Ternak dan Kepatuhan Biosekuriti

Pengukuran skala sikap afektif (skor 0–100%) menunjukkan skor pretest kedua kelompok setara pada tingkat moderat (57,19% eksperimen vs 57,66% kontrol). Pasca intervensi, kelompok eksperimen mengalami peningkatan bersih sebesar +31,79% (skor akhir 88,98%), sedangkan kelompok kontrol hanya meningkat +9,69% (skor akhir 67,35%). Rincian per dimensi disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Skala Sikap Etologi Peduli Ternak dan Kepatuhan Biosekuriti

Dimensi Sikap Etologi & Biosekuriti	Pre Eks (%)	Post Eks (%)	Gain Eks (%)	Pre Kon (%)	Post Kon (%)	Gain Kon (%)
1. Empati & Kepekaan Rasa Satwa	58,44	89,69	+31,25%	59,06	68,44	+9,38%
2. Hak Kesejahteraan (Five Freedoms)	56,88	88,13	+31,25%	57,50	67,19	+9,69%
3. Kedisiplinan Protokol Biosekuriti	55,31	89,06	+33,75%	56,25	66,25	+10,00%
4. Tanggung Jawab Ekologis Lingkungan	58,13	89,06	+30,93%	57,81	67,50	+9,69%
Rata-rata Keseluruhan Sikap Afektif	**57,19**	**88,98**	**+31,79%**	**57,66**	**67,35**	**+9,69%**

Lonjakan terbesar kelompok eksperimen tercatat pada kedisiplinan biosekuriti (+33,75%) dan empati satwa (+31,25%). Pembiasaan mencuci tangan 6 langkah, pemakaian boots, dan handling ternak secara lembut berhasil mengubah perlakuan mekanis menjadi etika kepedulian yang nyata (Alhaji & Odetokun, 2011; LeJeune & Davis, 2004; Webster, 2005).

4.3 Uji Asumsi Klasik Multivariat

Uji prasyarat analisis MANOVA mencakup uji normalitas Shapiro-Wilk, homogenitas varians Levene's Test, dan homogenitas matriks varians-kovarians Box's M Test pada taraf α = 0,05 (Hair dkk., 2019). Rekapitulasi hasil uji disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Uji Asumsi Klasik Multivariat

Parameter Uji	Metode	Statistik	df1, df2	Sig. (p)	Keputusan Metodologis
Normalitas Kritis (Eksperimen)	Shapiro-Wilk	W = 0,968	32	p = 0,442	Normal (p > 0,05)
Normalitas Kritis (Kontrol)	Shapiro-Wilk	W = 0,961	32	p = 0,311	Normal (p > 0,05)
Normalitas Etologi (Eksperimen)	Shapiro-Wilk	W = 0,974	32	p = 0,612	Normal (p > 0,05)
Normalitas Etologi (Kontrol)	Shapiro-Wilk	W = 0,965	32	p = 0,388	Normal (p > 0,05)
Homogenitas Varians Kritis	Levene's Test	F = 1,247	1, 62	p = 0,268	Homogen (p > 0,05)
Homogenitas Varians Etologi	Levene's Test	F = 0,984	1, 62	p = 0,325	Homogen (p > 0,05)
Homogenitas Kovarians Matriks	Box's M Test	Box's M = 4,812	F = 1,541; df = 3	p = 0,202	Homogen (p > 0,05)

Seluruh nilai signifikansi p > 0,05 membuktikan bahwa data terdistribusi normal, varians univariat homogen, dan matriks kovarians homogen, sehingga model MANOVA dapat diuji secara sah (Hair dkk., 2019).

4.4 Pengujian Hipotesis Multivariat (MANOVA) dan Effect Size

Uji MANOVA One-Way dilakukan untuk membuktikan pengaruh simultan intervensi terhadap berpikir kritis dan sikap etologis. Hasil uji multivariat disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji MANOVA Efek Simultan Perlakuan

Efek Model	Statistik Uji	Nilai Uji	F-hitung	Hyp. df	Error df	Sig. (p)	Partial Eta Sq. (η_p^2)
Intervensi Mini-Farm	Pillai's Trace	0,752	92,54	2,00	61,00	< 0,001	0,752 (Sangat Kuat)
Intervensi Mini-Farm	Wilks' Lambda	0,248	92,54	2,00	61,00	< 0,001	0,752 (Sangat Kuat)
Intervensi Mini-Farm	Hotelling's Trace	3,034	92,54	2,00	61,00	< 0,001	0,752 (Sangat Kuat)
Intervensi Mini-Farm	Roy's Largest Root	3,034	92,54	2,00	61,00	< 0,001	0,752 (Sangat Kuat)

Nilai Wilks' Lambda Λ = 0,248; F(2, 61) = 92,54; p < 0,001 mengonfirmasi pengaruh simultan perlakuan yang sangat signifikan dengan kontribusi varians sebesar 75,2% (η_p^2 =

0,752) (Hair dkk., 2019). Uji univariat lanjutan Tests of Between-Subjects Effects dan Cohen's d disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Uji Efek Antar-Subjek dan Cohen's d

Variabel Terikat	Type III SS	df	Mean Square	F-hitung	Sig. (p)	Cohen's d
Keterampilan Berpikir Kritis	7140,25	1	7140,25	142,80	< 0,001	2,42 (Sangat Besar)
Sikap Etologi Peduli Ternak	7203,77	1	7203,77	154,12	< 0,001	2,51 (Sangat Besar)

Nilai F signifikan ($p < 0,001$) dan Cohen's d > 2,40 menegaskan bahwa pendekatan mini-farm memiliki efektivitas praktis (practical significance) yang sangat kuat di lapangan (Cohen, 1988).

4.5 Analisis Matriks Korelasi Bivariat Pearson

Korelasi Product Moment Pearson antardimensi pada kelompok eksperimen dipaparkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Matriks Korelasi Pearson Antar-Indikator Kognitif dan Afektif

Dimensi	Klarifikasi	Inferensi	Strategi	Empati Satwa	Biosekuriti
1. Klarifikasi Dasar (Ennis)	1,000	0,684**	0,612**	0,578**	0,542**
2. Inferensi Ilmiah (Ennis)	0,684**	1,000	0,705**	0,641**	0,598**
3. Strategi & Taktik (Ennis)	0,612**	0,705**	1,000	0,662**	0,715**
4. Empati Satwa (Etologi)	0,578**	0,641**	0,662**	1,000	0,678**
5. Kepatuhan Biosekuriti	0,542**	0,598**	0,715**	0,678**	1,000

Korelasi positif yang signifikan ($p < 0,01$) membuktikan bahwa penalaran kritis dan kepedulian etologis saling memperkuat satu sama lain secara sinergis (Bandura, 1986; Kellert, 2002).

4.6 Analisis Kualitatif Respon Siswa dan Reduksi Miskonsepsi

Analisis lembar jawaban esai dan logbook membuktikan adanya transformasi penalaran dari pemikiran intuitif-naif menjadi penalaran analitis-sistemik sebagaimana dirangkum pada Tabel 12.

Tabel 12. Matriks Komparasi Respon Penalaran Siswa dan Reduksi Miskonsepsi

Kasus Sains	Penalaran Kelompok Kontrol (Konvensional)	Penalaran Kelompok Eksperimen (Mini-Farm)	Status Reduksi Miskonsepsi
Bau Amonia Menyengat di Kandang	Menganggap bau alami ayam; solusi: semprot parfum.	Identifikasi litter basah & amonia; solusi: ganti sekam & ventilasi.	Miskonsepsi tereduksi total; paham sanitasi & biosekuriti.

Kasus Sains	Penalaran Kelompok Kontrol (Konvensional)	Penalaran Kelompok Eksperimen (Mini-Farm)	Status Reduksi Miskonsepsi
Penurunan Bobot Telur Ayam	Menganggap ayam malas bertelur tanpa tinjau pakan.	Analisis rasio protein-kalsium & heat stress; solusi: optimasi ransum.	Paham kaitan input nutrisi dan produktivitas biologis.
Kelinci Membungkuk Pasif di Sudut	Mengira kelinci kenyang/tidur biasa.	Deteksi distress etologis (gigi bergemeletuk); isolasi & lapor guru.	Terampil membaca bahasa tubuh satwa sesuai Five Freedoms.

4.7 Pembahasan Komprehensif: Sinergi Kognitif dan Afektif

Keberhasilan mini-farm berakar pada penyediaan pengalaman multisensori yang mengoperasionalkan tahapan Experiential Learning Kolb (2015) dan konstruktivisme konkret Piaget (1972). Satwa hidup menyajikan stimulus dinamis yang membangkitkan disonansi kognitif ketika siswa menyaksikan fenomena tak terduga (misal ayam terengah-engah akibat panas). Kondisi ini mendorong siswa mengumpulkan bukti empiris, menguji hipotesis pakan, dan merumuskan taktik perbaikan secara ilmiah (Ennis, 2011; Subali, 2012). Dari dimensi afektif, pembiasaan merawat ternak secara langsung mentransformasikan cara pandang antroposentris menuju etika biosentris yang menghargai Five Freedoms sebagai tanggung jawab moral (Louv, 2008; Webster, 2005; Wilson, 1984).

4.8 Implikasi Pedagogis dan Roadmap Keberlanjutan Mini-Farm SD

Hasil penelitian ini merefleksikan urgensi kontekstualisasi kurikulum IPAS Fase B dalam Kurikulum Merdeka guna mewujudkan Profil Pelajar Pancasila dimensi Bernalar Kritis dan Berakhlak Mulia kepada Alam (Kemendikbudristek, 2022). Roadmap keberlanjutan fasilitas mini-farm sekolah dirangkum pada Tabel 13.

Tabel 13. Matriks Rekomendasi Kurikuler dan Keberlanjutan Mini-Farm Sekolah Dasar

Dimensi Tata Kelola	Tantangan Lapangan	Solusi Mini-Farm Terpadu	Rekomendasi Kebijakan Sekolah / Dinas
Infrastruktur & Lahan	Keterbatasan lahan terbuka pekarangan sekolah.	Kandang modular bertingkat vertikal sistem tertutup.	Alokasi dana BOS Kinerja untuk unit percontohan kandang edukasi.
Biosekuriti & Kesehatan	Kekhawatiran zoonosis dan polusi bau amonia.	SOP biosekuriti tiga zona dan probiotik hayati litter.	Kemitraan formal sekolah dasar dengan Puskeswan / Dinas Peternakan.
Integrasi Kurikulum	Guru kelas minim wawasan ilmu veteriner/ternak.	Modul ajar tematik IPAS dilengkapi LKPD inkuiri.	Pelatihan guru kolaboratif akademisi Peternakan & PGSD perguruan tinggi.

Dimensi Tata Kelola	Tantangan Lapangan	Solusi Mini-Farm Terpadu	Rekomendasi Kebijakan Sekolah / Dinas
Keberlanjutan Biaya	Biaya operasional pakan harian & libur sekolah.	Pemanfaatan sisa sayuran dan kompos organik bernilai.	Pembentukan ekstrakurikuler 'Dokter Cilik Mini-Farm' & piket bergilir.

Temuan efektivitas tinggi ini sejalan dengan premis teori pembelajaran pengalaman terpadu yang menyatakan bahwa retensi pemahaman sains dan disposisi afektif anak mencapai titik optimal saat proses inkuiri berakar pada konteks kehidupan nyata (Dewey, 1938; Kolb, 2015). Di laboratorium mini-farm, siklus belajar tidak berhenti pada pengamatan pasif, melainkan bergerak dinamis menuju tindakan solutif yang nyata. Siswa tidak hanya menghitung laju konsumsi pakan ayam atau mencatat suhu litter, tetapi secara langsung merasakan konsekuensi higienis dari kelalaian sanitasi terhadap kenyamanan satwa, sehingga menumbuhkan kesadaran internal yang menetap (Broom, 1991; Webster, 2005).

Dampak praktis berskala sangat besar (Cohen's d > 2,40 pada kedua variabel) membuktikan bahwa sains mini-farm mentransformasikan ruang kelas dari sekadar transfer pengetahuan verbalistis menjadi ekosistem pembentukan karakter ilmiah yang utuh (Cohen, 1988; Knobloch dkk., 2007). Integrasi tugas harian—mulai dari memantau mikroklimat hingga meracik pakan—memberikan wahana multisensori yang menjembatani abstraksi kurikulum sains dengan pengalaman emosional yang bermakna bagi siswa kelas IV sekolah dasar (Louv, 2008; Smeds dkk., 2015).

Secara epistemologis, keberhasilan integrasi ini menegaskan bahwa ranah kognitif (berpikir kritis) dan ranah afektif-moral (etologi peduli satwa) bukanlah entitas pedagogis yang terpisah, melainkan saling memperkuat secara resiprokal (Ennis, 2011; Kellert, 2002). Siswa yang memiliki kemampuan penalaran inferensial yang baik cenderung lebih peka membaca sinyal ketidaknyamanan ternak, sedangkan keterikatan afektif dengan satwa memotivasi siswa untuk lebih tekun dalam mengumpulkan data observasi dan mencari solusi atas permasalahan kandang (Sobel, 2004; Wilson, 1984).

Temuan ini sekaligus melengkapi literatur pendidikan sains lingkungan internasional (Mayer-Smith dkk., 2007; Wals, 2007) dengan menyajikan bukti empiris kuasi-eksperimental berskala komprehensif di konteks sekolah dasar pedesaan Indonesia. Implementasi stasiun mini-farm membuktikan bahwa keterbatasan fasilitas laboratorium konvensional dapat diatasi secara kreatif melalui pendayagunaan pekarangan sekolah sebagai laboratorium hayati terbuka yang aman, mendidik, dan terjangkau secara berkelanjutan (Kemendikbudristek, 2022; Tilman dkk., 2002).

SIMPULAN

Berdasarkan temuan empiris dan analisis multivariat yang komprehensif, dapat disimpulkan bahwa penerapan model pembelajaran sains IPAS berbasis laboratorium hidup mini-farm terpadu terbukti sangat efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan sikap etologi kepedulian ternak serta kepatuhan biosekuriti siswa sekolah dasar secara simultan. Peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa pada kelompok eksperimen mencapai koefisien N-Gain rata-rata sebesar 0,76 (kategori efektivitas tinggi), jauh melampaui kelompok kontrol yang hanya mencapai N-Gain 0,41 (kategori sedang). Penguasaan indikator berpikir kritis tertinggi tercapai pada aspek klarifikasi dasar dan keterampilan dasar, di mana siswa mampu melakukan diagnosis permasalahan biologis peternakan secara akurat berbasis bukti observasi lapangan.

Secara afektif-moral, kelompok eksperimen mengalami peningkatan sikap etologis dan kepatuhan biosekuriti yang sangat signifikan sebesar +31,79% (skor akhir 88,98%), dibandingkan kelompok kontrol yang hanya meningkat +9,69% (skor akhir 67,35%). Siswa menunjukkan transformasi perilaku nyata dalam mematuhi standar higienis biosekuriti personal serta memperlakukan satwa budidaya dengan penuh empati dan kasih sayang berlandaskan prinsip Five Freedoms. Pengujian hipotesis multivariat (MANOVA) membuktikan adanya pengaruh simultan perlakuan yang sangat signifikan secara statistik (Wilks' Lambda = 0,248; F = 92,54; $p < 0,001$) dengan kontribusi pengaruh sebesar 75,2% (Partial Eta Squared = 0,752) dan ukuran efek yang sangat besar (Cohen's d = 2,42 untuk berpikir kritis dan d = 2,51 untuk sikap etologis). Pembelajaran mini-farm terbukti mengintegrasikan penalaran kognitif tingkat tinggi dengan pembentukan karakter biosentris ramah lingkungan secara utuh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Rektorat dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Nahdlatul Ulama Lampung atas dukungan pendanaan dan fasilitas kolaborasi interdisipliner antara Program Studi Peternakan dan Program Studi PGSD. Penghargaan tulus juga disampaikan kepada Kepala Sekolah, Dewan Guru, dan seluruh siswa kelas IV Sekolah Dasar Negeri mitra di Kabupaten Lampung Timur yang telah berpartisipasi aktif dan kooperatif selama pelaksanaan intervensi mini-farm ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

Aikenhead, G. S. (2006). Science education for everyday life: Evidence-based practice. Teachers College Press.

Alhaji, N. B., & Odetokun, I. A. (2011). Assessment of biosecurity measures in livestock farms: Implications for human health and safety. Veterinary World, 4(7), 304–308. https://doi.org/10.5455/vetworld.4.304

Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action: A social cognitive theory. Prentice-Hall.

Blakemore, S. J., & Frith, U. (2005). The learning brain: Lessons for education. Blackwell Publishing.

Broom, D. M. (1991). Animal welfare: Concepts and measurement. Journal of Animal Science, 69(10), 4167–4175. https://doi.org/10.2527/1991.69104167x

Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.). SAGE Publications.

Dewey, J. (1938). Experience and education. Macmillan Company.

Dimyati, & Mudjiono. (2013). Belajar dan pembelajaran. Rineka Cipta.

Ennis, R. H. (2011). The nature of critical thinking: An outline of critical thinking dispositions and abilities. University of Illinois.

FAO. (2021). Animal welfare and biosecurity: Good practices for sustainable livestock production. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). How to design and evaluate research in education (8th ed.). McGraw-Hill.

Gall, M. D., Gall, J. P., & Borg, W. R. (2007). Educational research: An introduction (8th ed.). Pearson Education.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). Multivariate data analysis (8th ed.). Cengage Learning.

Hake, R. R. (1999). Analyzing change/gain scores. American Educational Research Association.

Harlen, W. (2015). Assessment & learning in primary science. SAGE Publications.

Kellert, S. R. (2002). Experiencing nature: Affective, cognitive, and evaluative development in children. In P. H. Kahn & S. R. Kellert (Eds.), Children and nature: Psychological, sociocultural, and evolutionary investigations (pp. 117–151). MIT Press.

Kemendikbudristek. (2022). Panduan pembelajaran dan asesmen pendidikan anak usia dini, pendidikan dasar, dan menengah. Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kemendikbudristek.

Knobloch, N. A., Ball, A. L., & Allen, C. (2007). The benefits of teaching and learning about agriculture in elementary schools: A synthesis of the literature. Journal of Agricultural Education, 48(3), 25–36. https://doi.org/10.5032/jae.2007.03025

Kolb, D. A. (2015). Experiential learning: Experience as the source of learning and development (2nd ed.). Pearson Education.

LeJeune, J. T., & Davis, M. A. (2004). Outbreaks of zoonotic enteric disease associated with animal exhibits. Journal of the American Veterinary Medical Association, 224(9), 1440–1445. https://doi.org/10.2460/javma.2004.224.1440

Louv, R. (2008). Last child in the woods: Saving our children from nature-deficit disorder. Algonquin Books.

Majid, A. (2014). Pembelajaran tematik terpadu. Remaja Rosdakarya.

Marwoto, M., Santoso, B., & Setiawan, A. (2019). Perilaku dan kesejahteraan ternak unggas lokal. Jurnal Ilmu Peternakan Terapan, 3(1), 12–21.

National Research Council (NRC). (1989). Nutrient requirements of horses (5th ed.) and poultry (9th ed.). National Academies Press.

Piaget, J. (1972). The psychology of intelligence. Littlefield, Adams & Co.

Retnawati, H. (2016). Validitas reliabilitas dan karakteristik butir (Panduan untuk peneliti, mahasiswa, dan praktisi). Parama Publishing.

Rusman. (2017). Belajar dan pembelajaran: Berorientasi standar proses pendidikan. Kencana.

Rustaman, N. Y. (2005). Perkembangan penelitian pendidikan IPA dan kontribusinya terhadap peningkatan mutu pembelajaran. Prosiding Seminar Nasional FMIPA UNY, 1–15.

Sarwono, E. (2018). Manajemen pemeliharaan dan pengolahan limbah peternakan terpadu. Pustaka Baru Press.

Smeds, P., Jeronen, E., & Kurppa, S. (2015). Farm education and the value of experiential learning: A Finnish perspective. International Journal of Environmental and Science Education, 10(3), 381–404.

Sobel, D. (2004). Place-based education: Connecting classrooms and communities. The Orion Society.

Subali, B. (2012). Prinsip asesmen dan evaluasi pembelajaran biologi. UNY Press.

Sugiyono. (2019). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D. Alfabeta.

Suwarta, F. X., & Haryanto, A. (2020). Prinsip etologi dan kesejahteraan ternak ruminansia dan unggas. Pohon Cahaya.

Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. Research in Science Education, 48(6), 1273–1296. https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2

Tawil, M., & Liliasari. (2014). Keterampilan berpikir kompleks dan pembelajarannya. Badan Penerbit UNM.

Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature, 418(6898), 671–677. https://doi.org/10.1038/nature01014

Trianto. (2011). Mendesain model pembelajaran inovatif-progresif: Konsep, landasan, dan implementasinya pada Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP). Kencana.

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press.

Webster, J. (2005). Animal welfare: Limping towards Eden. Blackwell Publishing.

Wilson, E. O. (1984). Biophilia: The human bond with other species. Harvard University Press.

Ausubel, D. P. (2000). The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view. Kluwer Academic Publishers.

Bruner, J. S. (1960). The process of education. Harvard University Press.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. Educational Researcher, 23(7), 5–12.

Fraser, D. (2008). Understanding animal welfare: The science in its cultural context. Wiley-Blackwell.

Kahn, P. H. (1999). The human relationship with nature: Development and culture. MIT Press.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. Journal of Research in Science Teaching, 29(4), 331–359.

Mayer-Smith, J., Bartosh, O., & Peterat, L. (2007). Teaming children and elders to garden: Think globally, eat locally. American Educational Research Journal, 44(2), 358–385.

Mellor, D. J., & Reid, C. S. W. (1994). Concepts of animal well-being and predicting the impact for procedures on experimental animals. Animals in Science Conference, 3–18.

Tanner, T. (1980). Significant life experiences: A new research area in environmental education. The Journal of Environmental Education, 11(4), 20–24.

Wals, A. E. (2007). Social learning towards a sustainable world: Principles, perspectives, and praxis. Wageningen Academic Publishers.

White, R., & Stoecklin, V. L. (2008). Nurturing children's biophilia: Developmentally appropriate environmental education for young children. Early Childhood News, 1–8.

Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), Handbook of self-regulation (pp. 13–39). Academic Press.

Kellert, S. R., & Wilson, E. O. (1993). The biophilia hypothesis. Island Press.

Dillon, J., Rickinson, M., Teamey, K., Morris, M., Choi, M. Y., Sanders, D., & Benefield, P. (2006). The value of outdoor learning: Evidence from research in the UK and elsewhere. School Science Review, 87(320), 107–111.

Rickinson, M., Dillon, J., Teamey, K., Morris, M., Choi, M. Y., Sanders, D., & Benefield, P. (2004). A review of research on outdoor learning. National Foundation for Educational Research.

Sobel, D. (1996). Beyond ecophobia: Reclaiming the heart in nature education. The Orion Society.