

**PEMBELAJARAN KEANEKARAGAMAN HAYATI MELALUI SISTEM
PERMACULTURE BERBANTUAN *ECO-GAMIFICATION* UPAYA
MENINGKATKAN *ANTICIPATORY COMPETENCY* DAN KETERAMPILAN
KOMUNIKASI ILMIAH**



TESIS

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar
Magister Pendidikan Biologi

Oleh:

Najira

2311346

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

**PEMBELAJARAN KEANEKARAGAMAN HAYATI MELALUI SISTEM
PERMACULTURE BERBANTUAN *ECO-GAMIFICATION* UPAYA
MENINGKATKAN *ANTICIPATORY COMPETENCY* DAN KETERAMPILAN
KOMUNIKASI ILMIAH**

Oleh
Najira

S.Pd Universitas Samudra, 2022

Sebuah Tesis yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Pendidikan (M.Pd.) pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Najira 2025
Universitas Pendidikan Indonesia
Mei 2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Tesis ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

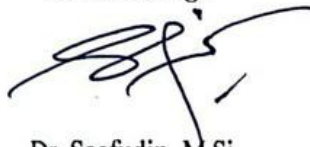
HALAMAN PENGESAHAN

NAJIRA
2311346

**PEMBELAJARAN KEANEKARAGAMAN HAYATI MELALUI SISTEM
PERMACULTURE BERBANTUAN ECO-GAMIFICATION UPAYA MENINGKATKAN
ANTICIPATORY COMPETENCY DAN KETERAMPILAN KOMUNIKASI ILMIAH**

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Dr. Saefudin, M.Si.
NIP. 19630701198831003

Pembimbing II



Dr. Taufik Rahman, M.Pd.
NIP. 196201151987031002.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Pendidikan Biologi



Dr. Kusnadi, M.Si.
NIP. 196805091994031001

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Najira
NIM : 2311346
Program Studi : Pendidikan Biologi – S2
Judul Karya : Pembelajaran materi keanekaragaman hayati melalui sistem permaculture berbantuan eco-gamification untuk meningkatkan anticipatory competency dan keterampilan komunikasi ilmiah peserta didik

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil kerja saya sendiri. Saya menjamin bahwa seluruh isi karya ini, baik sebagian maupun keseluruhan, bukan merupakan plagiarisme dari karya orang lain, kecuali pada bagian yang telah dinyatakan dan disebutkan sumbernya dengan jelas.

Jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika akademik atau unsur plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Pendidikan Indonesia.

Bandung, 03 Maret 2025



(Najira)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah Rabbil ‘Alamin, segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik. Shalawat beserta salam tak lupa penulis ucapkan kepada Rasulullah Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam, sang suri tauladan bagi umat manusia. Semoga kita mendapatkan syafaatnya di hari akhir, aamiin. Penulis telah menyelesaikan tesis dengan judul “Pembelajaran Keanekaragaman Hayati melalui Sistem Permaculture Berbantuan Eco-Gamification upaya Meningkatkan Anticipatory Competency dan Keterampilan Komunikasi Ilmiah.” Tesis ini diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Magister Pendidikan Biologi di Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulisan tesis ini membahas tentang penerapan sistem *permaculture* berbantuan *eco-gamification* dalam pembelajaran keanekaragaman hayati dan dampaknya terhadap peningkatan *anticipatory competency* serta keterampilan komunikasi ilmiah peserta didik. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru dalam strategi pembelajaran yang inovatif dan berkontribusi terhadap peningkatan kualitas pendidikan di Indonesia.

25 April 2025

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan tesis ini, penulis mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada semua pihak yang telah berperan dalam perjalanan akademik ini. Secara khusus, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada keempat orang tua yang senantiasa mendidik, menyayangi, memberikan dukungan, motivasi, dan doa yang tulus kepada penulis selama ini. Selain itu, penulis juga menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Dr. Saefudin, M.Si., selaku dosen pembimbing akademik sekaligus dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, bantuan, arahan, dan motivasi selama masa perkuliahan, perencanaan, pelaksanaan penelitian, serta penyusunan tesis.
2. Dr. Taufik Rahman, M.Pd., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, serta motivasi selama masa perkuliahan hingga proses penyusunan tesis.
3. Dr. Hj. Siti Sriyati, M.Si. selaku dosen penguji yang telah bersedia memberikan masukan, saran, serta kritik yang membangun dalam proses penyusunan karya tulis ini lebih baik kedepannya.
4. Dr. Kusnadi, M.Si. selaku dosen penguji yang telah bersedia memberikan masukan, saran, serta kritik yang membangun dalam proses penyusunan karya tulis ini lebih baik kedepannya.
5. Dr. Kusnadi, M.Si. selaku dosen ahli yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan masukan, arahan, serta evaluasi yang membangun demi kesempurnaan karya tulis ini.

6. Tri Suwandi, S.Pd., M.Sc. selaku dosen ahli yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan masukan, arahan, serta evaluasi yang membangun demi kesempurnaan karya tulis ini.
7. Seluruh dosen, staf, dan laboran Program Studi Pendidikan Biologi dan Program Studi Biologi Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, yang telah memberikan ilmu dan wawasan berharga selama masa studi.
8. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang telah memberikan beasiswa sehingga saya memiliki kesempatan untuk melanjutkan Magister Pendidikan Biologi, Universitas Pendidikan Indonesia.
9. Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, yang telah memberikan fasilitas dan dukungan akademik.
10. Program Studi Pendidikan Biologi yang telah menjadi wadah bagi penulis dalam mengembangkan keilmuan di bidang Pendidikan Biologi.
11. Dr. Deni Kadarsah, M.Pd., selaku kepala SMA Laboratorium Percontohan UPI yang telah memberikan dukungan dan kesempatan bagi penulis dalam melaksanakan penelitian.
12. Alviani Risti Afilianti Sianturi, S.Pd., selaku Guru Biologi di SMA Laboratorium Percontohan UPI yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian.
13. Seluruh siswa kelas X bilingual I dan X bilingual II SMA Laboratorium Percontohan UPI yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini.
14. Rekan tim seperjuangan penelitian tesis yakni Rahmat Baharuddin, S.Pd., yang telah berbagi ide, diskusi, dan saling menyemangati.
15. Rekan senior, Zuliande Zidan, M.Pd., yang telah membantu serta memberikan dukungan dan masukan berharga selama penelitian.
16. Ardi Jati Nugroho Putro, M.Eng., yang selalu menjadi sumber dukungan, semangat, dan kesabaran bagi penulis selama menempuh Magister Pendidikan Biologi di Universitas Pendidikan Indonesia.

17. Bapak Dadang dan Bapak Deni, yang selalu membantu dalam proses pengerjaan sistem *permaculture* di Kebun Botani UPI.
18. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan penelitian ini.

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan pengalaman. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ini. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi dunia pendidikan serta menjadi amal jariyah bagi penulis. Aamiin.

Bandung, 18 Maret 2025

Najira

ABSTRAK

Pembelajaran berbasis lingkungan dapat digunakan untuk meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep-konsep keberlanjutan. *Permaculture* berbantuan *eco-gamification* merupakan salah satu sumber belajar inovatif yang mengintegrasikan pembelajaran berbasis lingkungan dengan elemen permainan. Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan sistem *permaculture* berbantuan *eco-gamification* dalam pembelajaran keanekaragaman hayati untuk meningkatkan kompetensi antisipatif dan keterampilan komunikasi ilmiah peserta didik. Penelitian ini menggunakan *quasi-experimental* design dengan *non-equivalent control group*, pada 25 peserta didik pada kelas eksperimen dan 23 peserta didik pada kelas kontrol. Hasil observasi menunjukkan bahwa rata-rata keterlaksanaan pembelajaran mencapai 93% pada kelas eksperimen dan 89% kelas kontrol yang masuk kategori sangat baik. Pada kompetensi antisipatif walaupun tidak mengalami perbedaan yang signifikan berdasarkan uji *independent sample t-test* ($p = 0,081 > 0,05$) tetapi pada Analisis N-Gain menunjukkan bahwa kelas eksperimen mengalami peningkatan yang lebih tinggi 0,51 (kategori sedang) dengan ketuntasan belajar 100% dibandingkan kelas kontrol 0,47 (kategori sedang) dengan ketuntasan 96%. Pada keterampilan komunikasi ilmiah hasil uji *Mann-Whitney U* ($p = 0,508 > 0,05$) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol, analisis N-Gain komunikasi ilmiah kelas eksperimen mencapai 0,49 (kategori sedang), lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang mencapai 0,44 (kategori sedang). Hal ini menunjukkan bahwa sistem *permaculture* berbantuan *eco-gamification* juga dapat menjadi alternatif dalam meningkatkan keterampilan komunikasi ilmiah. Respon peserta didik terhadap metode pembelajaran berbasis *permaculture* berbantuan *eco-gamification* cukup positif, dengan 48,7% bahwa sumber belajar ini membantu pemahaman mereka terhadap materi keanekaragaman hayati. Namun, beberapa peserta didik mengalami kesulitan dalam mengingat nama ilmiah spesies, memahami konsep binomial nomenklatur, serta merancang solusi keberlanjutan berdasarkan observasi mereka, efektivitas pembelajaran dalam meningkatkan kompetensi antisipatif dan keterampilan komunikasi ilmiah masih perlu dikembangkan lebih lanjut.

Kata Kunci : *Permaculture*, *Eco-gamification* , Kompetensi Antisipatif, Keterampilan Komunikasi Ilmiah, Keanekaragaman Hayati.

ABSTRACT

Environment-based learning can be utilized to enhance students' understanding of sustainability concepts. Permaculture assisted by eco-gamification represents an innovative learning resource that integrates environmental education with game elements. This study aims to integrate a permaculture system supported by eco-gamification into biodiversity learning to improve students' anticipatory competencies and scientific communication skills. A quasi-experimental design with a non-equivalent control group was employed, involving 25 students in the experimental class and 23 students in the control class. Observation results showed that the average implementation of learning reached 93% in the experimental class and 89% in the control class, both categorized as very good. Although there was no statistically significant difference in anticipatory competence based on the independent sample t-test ($p = 0.081 > 0.05$), the N-Gain analysis revealed a higher improvement in the experimental class (0.51, categorized as moderate) with 100% mastery learning, compared to the control class (0.47, moderate category) with 96% mastery. Regarding scientific communication skills, the Mann-Whitney U test ($p = 0.508 > 0.05$) indicated no significant difference between the experimental and control groups. However, the N-Gain analysis showed that the experimental class achieved a higher gain (0.49, moderate category) compared to the control class (0.44, moderate category). These findings suggest that a permaculture system supported by eco-gamification may also serve as an alternative approach to enhancing scientific communication skills. Students' responses to the permaculture-based eco-gamification learning method were generally positive, with 48.7% stating that this learning resource helped them better understand biodiversity content. Nonetheless, some students experienced difficulties in recalling scientific names of species, understanding the concept of binomial nomenclature, and designing sustainability solutions based on their observations. Therefore, the effectiveness of this learning approach in improving anticipatory competence and scientific communication skills requires further development.

Keywords: *Permaculture, Eco-gamification , Anticipatory Competence, Scientific Communication Skills, Biodiversity.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN HAK CIPTA	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian.....	8
1.3. Tujuan Penelitian	9
1.4. Manfaat Penelitian	9
1.5. Lingkup Penelitian.....	11
1.6. Batasan Masalah	12
BAB II KAJIAN PUSTAKA	14
2.1. <i>Anticipatory Competency</i>	14
2.2 Keterampilan Komunikasi Ilmiah	17
2.3 Keanekaragaman Hayati.....	22
2.4 Sistem <i>Permaculture</i> Berbantuan <i>Eco-gamification</i>	34
2.5 Penelitian Relevan	43
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	47
3.1. Metode Penelitian	47
3.2. Populasi dan Sampel.....	47
3.3. Lokasi dan Waktu Penelitian	48
3.4. Definisi Operasional	48

3.5. Instrumen Penelitian	51
3.6. Prosedur Penelitian	60
3.7. Pelaporan	65
3.8 Alur Penelitian.....	80
BAB IV HASIL PENELITIAN	81
4.1 Keterlaksanaan pembelajaran keanekaragaman hayati di Kelas Eksperimen ...	81
4.2 Keterlaksanaan Pembelajaran Keanekaragaman hayati pada kelas kontrol	83
4.3 <i>Anticipatory competency</i>	84
4.4 Keterampilan Komunikasi Ilmiah	91
4.5 Respon Belajar Peserta Didik.....	98
BAB V PEMBAHASAN.....	101
5.1 Evaluasi keterlaksanaan pembelajaran Keanekaragaman Hayati melalui sistem <i>Permaculture</i> berbantuan <i>Eco-gamification</i>	101
5.2 Evaluasi keterlaksanaan pembelajaran keanekaragaman hayati di Kelas	117
5.3. Evaluasi Kompetensi Antisipatif.....	126
5.4. Evaluasi Keterampilan Komunikasi Ilmiah.....	143
5.5. Evaluasi Respon Peserta Didik.....	151
5.6. Kekuatan dan Keterbatasan Temuan	154
BAB VI KESIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI	157
6.1. Kesimpulan	157
6.2. Implikasi	158
6.3. Rekomendasi.....	159
DAFTAR PUSTAKA	161
LAMPIRAN-LAMPIRAN	182

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. A) Lahan Kosong, B) Penyediaan material, C) Pembersihan lahan, D) Pembuatan margin 120cm x 60cm E) Penyaringan pupuk, F) Lahan kebun permaculture, G) Pembuatan media tanam, H) Pemeliharaan tanaman, I) Penyotiran Tanaman, J) Pemindahan tanaman ke kebun, K) Pemindahan hasil semai, J) kebun Permaculture.....	36
Gambar 2. 2 A) Semai bibit tanaman, B) Hasil semai, C) Memindahkan tanaman semai ke netpot aquaponik D) Pemindahan ke Pipa, E) Tanaman yang berada di samping aquaponik, dan F) Tanaman di depan Aquaponik	38
Gambar 2. 3 A) Telur/Larva BSF, B) pemeliharaan Larva, C) Magot, D) Pemeliharaan lalat BSF, dan E) Hasil semai.....	39
Gambar 2. 4. Unsur Permainan.....	42
Gambar 2. 5 Alur permainan Guess Me	42
Gambar 2. 6 Permainan teka-teki silang.....	43
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian	80
Gambar 4. 1 Indikator anticipatory competency kelas eksperimen	89
Gambar 4. 2 Indikator anticipatory competency kelas kontrol.....	90
Gambar 4. 3. Distribusi ketuntasan Kompetensi.....	91
Gambar 4. 4 Indikator Komunikasi Ilmiah kelas Eksperimen.....	96
Gambar 4. 5. Indikator Komunikasi Ilmiah kelas Kontrol	96
Gambar 4. 6. Penguasaan keterampilan komunikasi ilmiah peserta didik.....	97
Gambar 4. 7. Distribusi respons peserta didik	99
Gambar 5. 1. Dokumen kegiatan pembelajaran hari pertama memberikan Materi keanekaragaman hayati	102
Gambar 5. 2 Kegiatan peserta didik pada sistem permaculture. A) Desain AI sistem permaculture, B) Pos 1- kebun permaculture, C) Pos 2 – Aquaponik, D) Pos 2 – Aquaponik di sisi lainnya, dan E) Pos 3 – Green House.....	110
Gambar 5. 3 Tulisan peserta didik pada LKPD	111
Gambar 5. 4 A) Kegiatan peserta didik dalam bermain guess me. Barcode game, B) Salah satu pertanyaan Guess Me, C) garfik menunjukkan kelompok yang menjawab serta jawaban kelompok, dan D) Foto bersama pemenang. Sumber : Najira (2024)	113
Gambar 5. 5. A) Kegiatan observasi di pos permaculture 1, dan B) Kegiatan Diskusi menjawab TTS di pos permaculture 1. C) TTS yang digunakan, dan D) Salah satu jawaban peserta didik Sumber : Najira (2024)	115
Gambar 5. 6. A) Kegiatan presentasi dari hasil observasi, B) Kegiatan diskusi/ tanya jawab dengan kelompok lainnya. Dan C) Belajar kembali mengenai pengenalan makhluk hidup Sumber : Najira (2024).....	117
Gambar 5. 7. Dokumen kegiatan pembelajaran hari pertama Materi keanekaragaman hayati. Sumber : Najira (2024)	119
Gambar 5. 8. A) Peserta didik melakukan identifikasi di taman sekolah dan B) Berdiskusi melengkapi LKPD. Sumber : Najira (2024).....	119
Gambar 5. 9. Kegiatan proses belajar mengajar	124

Gambar 5. 10. A) Peserta didik diskusi mengenai gambar yang diberikan, dan B) Peserta didik melakukan presentasi dan tanya jawab Sumber : Najira (2024).....	125
Gambar 5. 11. Tulisan peserta didik yang menggambarkan perubahan ekosistem mempengaruhi keseimbangan lingkungan.	128
Gambar 5. 12. Tulisan peserta didik yang mengevaluasi peran keberadaan fauna yang ada di sistem permaculture	130
Gambar 5. 13. Tulisan peserta didik yang menyebutkan pandangan masa depan sistem permaculture	131
Gambar 5. 14. Tulisan peserta didik memahami dan mengevaluasi berbagai kemungkinan, kesempatan, dan kebutuhan dalam konteks keberlanjutan.	133
Gambar 5. 15. Tulisan peserta didik menyebutkan kegiatan yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan.	135
Gambar 5. 16. Tulisan peserta didik kelas kontrol	139
Gambar 5. 17. Tulisan yang menerangkan pencarian informasi dengan mencantumkan sumber: RHS - UK's leading gardening charity - https://www.rhs.org.uk/	145

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Kompetensi Antisipatif	14
Tabel 2. 2. Komponen kompetensi antisipatif	15
Tabel 2. 3. Keterampilan Komunikasi Ilmiah dan Sub-Skill.....	19
Tabel 2. 4 Materi keanekaragaman hayati	23
Tabel 2. 5 Jenis tanaman pada sistem permaculture	24
Tabel 2. 6. Prinsip desain permaculture.....	34
Tabel 3. 1. Quasi-Experimental dengan Pretest-Posttest Control Design.....	47
Tabel 3. 2. Kisi-kisi instrument lembar validasi ahli	51
Tabel 3. 3. Kisi-kisi LKPD lembar validasi ahli.....	52
Tabel 3. 4. Keterangan Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran kelas eksperimen.....	53
Tabel 3. 5. Keterangan Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran kelas Kontrol.....	54
Tabel 3. 6. kisi-kisi soal respon terbatas dan uraian	55
Tabel 3. 7. Kriteria Penilaian soal respon terbatas.....	55
Tabel 3. 8. Kriteria penilaian soal uraian.....	56
Tabel 3. 9. Format Keterampilan Komunikasi Ilmiah	56
Tabel 3. 10. Angket respon peserta didik yang telah diperbaiki	59
Tabel 3. 11. Tahapan Pelaksanaan Pembelajaran	62
Tabel 3. 12. Teknik Pengumpulan Data	66
Tabel 3. 13. Kategori Validasi Ahli.....	66
Tabel 3. 14. Kriteria Uji pada Instrumen Penelitian	67
Tabel 3. 15. Hasil perhitungan Uji Coba pada Kelas XI	68
Tabel 3. 16. Kategori Keberhasilan Pembelajaran.....	70
Tabel 3. 17. Hasil pre-test	72
Tabel 3. 18. Kategori N-Gain	73
Tabel 3. 19. Kategori Presentase pretetst-posttest	73
Tabel 3. 20 pehitungan indikator kompetensi.....	74
Tabel 3. 21. Kriteria Persentase ketuntasan kompetensi antisipatif.....	74
Tabel 3. 22. Hasil Pre-test.....	76
Tabel 3. 23. Kategori Nilai N-gain	77
Tabel 3. 24. Kategori Presentase pre-post.....	77
Tabel 3. 25 pehitungan indikator kompetensi.....	78
Tabel 3. 26. Kriteria Presentase keterampilan komunikasi ilmiah	78
Tabel 3. 27. Interpretasi Persentase respon peserta didik.	79
Tabel 4. 1. Hasil Pelaksanaan Pembelajaran Keanekaragaman hayati dikelas eksperimen.....	82
Tabel 4. 2. Keterlaksanaan pembelajaran kelas kontrol guru dan peserta didik	83
Tabel 4. 3. Analisis statistik data <i>Anticipatory Competency</i>	87
Tabel 4. 4. Nilai N-Gain <i>Anticipatory Competency</i>	88
Tabel 4. 5. Statistik data keterampilan komunikasi ilmiah	93

Tabel 4. 6. Nilai N-Gain keterampilan Komunikasi Ilmiah.....	95
Tabel 4. 7. Persentase Rata-Rata Respon Peserta didik.....	98
Tabel 5. 1 Hasil kumulatif inventarisasi flora di Sistem <i>permaculture</i>	104
Tabel 5. 2 Hasil kumulatif inventarisasi flora di Sistem permaculture (lanjutan 1). 105	
Tabel 5. 3. Hasil kumulatif inventarisasi flora di Sistem permaculture (lanjutan 2) 106	
Tabel 5. 4. Hasil kumulatif inventarisasi flora di Sistem permaculture (lanjutan 3) 107	
Tabel 5. 5 Hasil kumulatif inventarisasi fauna di Sistem <i>permaculture</i>	108
Tabel 5. 6. Hasil kumulatif inventarisasi fauna di Sistem permaculture (Lanjutan) 109	
Tabel 5. 7 Hasil kumulatif inventarisasi flora di Taman Sekolah.....	120
Tabel 5. 8. Hasil kumulatif inventarisasi flora di Taman Sekolah (Lanjutan).....	121
Tabel 5. 9. Hasil kumulatif inventarisasi fauna di Taman Sekolah	122
Tabel 5. 10. Hasil kumulatif inventarisasi fauna di Taman Sekolah	123

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Matriks Pembelajaran.....	182
Lampiran 2. Modul Ajar.....	185
Lampiran 3. Lembar Validasi Ahli Keterlaksanaan Pembelajaran.....	199
Lampiran 4. Lembar Observasi Keterlaksanaan.....	200
Lampiran 5. Lembar Kegiatan Peserta Didik Kelas Eksperimen	202
Lampiran 6. Lembar Kerja Peserta didik Kelas Kontrol.....	204
Lampiran 7. Lembar Validasi LKPD	205
Lampiran 8. Hasil Rekapitulasi Lembar observasi Keterlaksanaan Pembelajaran.....	206
Lampiran 9. Tes Soal Respon Terbatas dan Uraian Kompetensi Antisipatif	207
Lampiran 10. Lembar Validasi Ahli Kompetensi Antisipatif	214
Lampiran 11. Hasil Uji Coba Soal Respon Terbatas dan Uraian	228
Lampiran 12. Hasil Anates Uji Coba.....	230
Lampiran 13. Jawaban Anticipatory Competency Peserta Didik Pre-test.....	233
Lampiran 14. Jawaban Anticipatory Competency Peserta Didik Post-test	237
Lampiran 15. Analisis SPSS Uji statistik jawaban Anticipatory Competency	241
Lampiran 16. Analisis N-Gain Anticipatory Competency	244
Lampiran 17. Ketuntasan Kompetensi Antisipatif	241
Lampiran 18. Keterampilan Komunikasi Ilmiah di sistem permaculture.....	245
Lampiran 19. Keterampilan Komunikasi Ilmiah di dalam kelas.....	246
Lampiran 20. Lembar Penilaian observer pada Keterampilan Komunikasi Ilmiah.....	247
Lampiran 21. Validasi Ahli Keterampilan Komunikasi Ilmiah	249
Lampiran 22. Penilaian Keterampilan komunikasi Ilmiah Peserta Didik Pre-test ...	244
Lampiran 23. Penilaian Keterampilan komunikasi Ilmiah Peserta Didik Post-test ..	247
Lampiran 24. Analisis SPSS Keterampilan komunikasi Ilmiah Peserta Didik	249
Lampiran 25. Hasil N-Gain Keterampilan Komunikasi Ilmiah	243
Lampiran 26. Indikator pada Keterampilan Komunikasi Ilmiah.....	246
Lampiran 27. Penguasaan Keterampilan Komunikasi Ilmiah	251
Lampiran 28. Respon Peserta Didik.....	253
Lampiran 29. Validasi Ahli terhadap Lembar Respon Peserta Didik	254
Lampiran 30. Rekap Hasil Respon Peserta Didik di Sistem Permaculture	248
Lampiran 31. Salah Satu Contoh Jawaban Peserta didik di LKPD	
Lampiran 32. Dokumentasi Uji Coba.....	249
Lampiran 33. Dokumentasi Pre-post Kompetensi Antisipatif.....	249
Lampiran 34. Dokumentasi Pre-Post Keterampilan Komunikasi Ilmiah	250
Lampiran 35. Permainan Guess Me	251
Lampiran 36. Permainan Teka teki Silang	256

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, E. N. (2023). Peningkatan Kemampuan Komunikasi Ilmiah Peserta Didik Kelas XI Menggunakan Pembelajaran Inquiry Berbantuan Simulasi PhET Pada Materi Fluida Dinamis. *Journal of Learning, Teaching, and Instruction*, 3(1), 1–11.
- Alexander, R. (2018). Developing dialogic teaching: genesis, process, trial. *Research Papers in Education*, 33(5), 561–598. <https://doi.org/10.1080/02671522.2018.1481140>
- Ali, M., Rahmawati, R., & Ma'ruf, M. (2023). Validitas Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) untuk Menumbuhkan Kemampuan Literasi Sains dan Sikap Ilmiah Siswa Kelas V Sekolah Dasar pada Topik Perpindahan Kalor. *DWIJA CENDEKIA: Jurnal Riset Pedagogik*, 7(2). <https://doi.org/10.20961/jdc.v7i2.76328>
- Alm, K., Beery, T. H., Eiblmeier, D., & Fahmy, T. (2022). Students' learning sustainability – implicit, explicit or non-existent: a case study approach on students' key competencies addressing the SDGs in HEI program. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 23(8), 60–84. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-12-2020-0484>
- Alpusari, M., Mulyani, E. A., Putra, Z. H., Widyanthi, A., & Hermita, N. (2019). Identifying Students' Scientific Communication Skills on Vertebrata Organs. *Journal of Physics: Conference Series*, 1351(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1351/1/012070>
- Amintarti, S., Ajizah, A., & Utami, N. H. (2018). The Identification of Scientific Attitude on Biology Education Department in Plant Botany I. *Proceedings of the 1st International Conference on Creativity, Innovation and Technology in Education (IC-CITE 2018)*. <https://doi.org/10.2991/iccite-18.2018.46>
- Amran, A., Jasin, I., Perkasa, M., Satriawan, M., Irwansyah, M., & Erwanto, D. (2020). Implementation of education for sustainable development to enhance Indonesian golden generation character. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042102>
- Amri, & Jafar, J. (2016). Analisis Kesulitan Mahasiswa Menghafal Nama-Nama Latin Di Program Studi Pendidikan Biologi Angkatan 2014 Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Parepare. *Jurnal Biotek*, 4(2), 262–277.
- Andri, K. B. (2014). KONSEP PENDIDIKAN MUATAN LOKAL KECAKAPAN HIDUP BERBASIS PERTANIAN MELALUI KEBUN SAYUR SEKOLAH. *Jurnal Inovasi Dan Teknologi Pembelajaran*, 1, 39–49.

- Angganing, P., Budiningsih, C. A., & Haryanto. (2022). The Profile of Students' Communication Skills on Science Learning in Elementary Schools. *Pegem Egitim ve Ogretim Dergisi*, 13(1), 117–124. <https://doi.org/10.47750/pegegog.13.01.14>
- Anwar, Y., Rahmayanti, R., & Ermayanti. (2021). Biodiversity with problem-based learning: impact on quality of students' scientific argumentation. *Biosfer*, 14(2), 216–227. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.14133>
- Apriyanti, E., Alang, H., & Hartini. (2023). Edukasi Tanaman Obat Pada Siswa Sekolah Dasar Melalui Booklet TOGA. *Malebbi Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 13–19.
- Ardiansyah. (2010). *Penerapan Model Problem Posing Untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi dan Prestasi Belajar Fisika Siswa SMP* [Skripsi]. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Ariani, D. (2020). Gamifikasi untuk Pembelajaran. *Jurnal Pembelajaran Inovatif*, 3(2), 144–149. <https://doi.org/10.21009/jpi.032.09>
- Arifin, N., Abrar, A., & Arif, S. M. (2019). The Using of Blended Learning on Biology Learning. *Seminar Nasional Biologi VI*, 569–575.
- Arifin, S., Amin, M., Husamah, H., Hudha, A. M., & Miharja, F. J. (2021). Development of a biology practicum module with microtechnical preparations on the structure and function of plant tissue. *Research and Development in Education*, 1(2), 45–60. <https://doi.org/10.22219/raden.v1i2.18919>
- Arikunto Suharsimi. (2013). Prosedur penelitian suatu pendekatan praktik. In *Jakarta: Rineka Cipta* (p. 172). <http://r2kn.litbang.kemkes.go.id:8080/handle/123456789/62880>
- Arridho, F. Z. (2017). Game Edukasi Pengumpulan Sampah Organik dan Anorganik Menggunakan Finite State Machine. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 1(1), 498–505. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/view/1955>
- Aslan, A. (2021). Problem-based learning in live online classes: Learning achievement, problem-solving skill, communication skill, and interaction. *Computers & Education*, 171, 104237. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104237>
- Asril, M., Marulam, M. S., Sari, S. P., Indarwati, Arsi, R. B. S., Afriansyah, & Junairiah. (2020). Keanekaragaman Hayati. In *Journal GEEJ* (Vol. 7, Issue 2).
- Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2024). *Capaian Pembelajaran Pada*

Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, Dan Jenjang Pendidikan Menengah Pada Kurikulum Merdeka. Direktorat Jenderal. Pendidikan Tinggi Kemdikbud RI. <https://bskap.kemdikbud.go.id/>

BAPPENAS. (2016). *Laporan Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia*. Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. <https://simreg.bappenas.go.id/home/datadasar>

Bascopé, M., Perasso, P., & Reiss, K. (2019). Systematic Review of Education for Sustainable Development at an Early Stage: Cornerstones and Pedagogical Approaches for Teacher Professional Development. *Sustainability*, 11(3), 719. <https://doi.org/10.3390/su11030719>

Beagon, U., Kövesi, K., Tabas, B., Nørgaard, B., Lehtinen, R., Bowe, B., Gillet, C., & Spliid, C. M. (2023). Preparing engineering students for the challenges of the SDGs: what competences are required? *European Journal of Engineering Education*, 48(1), 1–23. <https://doi.org/10.1080/03043797.2022.2033955>

Beames, S., Higgins, P., & Nicol, R. (2012). *Learning Outside the Classroom*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203816011>

Benson, M., Lutz, J., & Scow, K. (2018). The Role of Horticulture in Environmental Education: Learning through Experience. *Journal of Environmental Education*, 49(3), 193–206. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00958964.2018.1475692>

Berkes, F., & Davidson-Hunt, I. J. (2006). Biodiversity, traditional management systems, and cultural landscapes: examples from the boreal forest of Canada. *International Social Science Journal*, 58(187), 35–47. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2451.2006.00605.x>

Bianchi, G., Testa, F., Tessitore, S., & Iraldo, F. (2022). How to embed environmental sustainability: The role of dynamic capabilities and managerial approaches in a life cycle management perspective. *Business Strategy and the Environment*, 31(1), 312–325. <https://doi.org/10.1002/bse.2889>

Bottin, M., Pizarro, A. B., Cadavid, S., Ramirez, L., Ocampo-Palacio, S. B. J. G., & Quesada, B. (2023). Research Paper No. 299 | Worldwide effects of climate change education on the cognitions, attitudes, and behaviors of schoolchildren and their entourage. A systematic review. *Humanities and Social Science*.

Bradley, K. (2015). *Permaculture design process 2: making a base map*. <https://www.milkwood.net/2015/11/09/permaculture-design-process-2-making-a-base-map/>

- Brady, S. C., & Andersen, E. C. (2021). An escape-room inspired game for genetics review. *Journal of Biological Education*, 55(4), 406–417. <https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1703784>
- Cahyadi, M. R., Darmayanti, R., Muhammad, I., Sugianto, R., & Choirudin. (2023). Rubrik Penilaian Tes Esai dari Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika. *Jurnal Sains Dan Pembelajaran Matematika*, 1(2), 37–43. <https://doi.org/10.51806/jspm.v1i2.55>
- Cardoso, P., Erwin, T. L., Borges, P. A. V., & New, T. R. (2011). The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. *Biological Conservation*, 144(11), 2647–2655. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.07.024>
- Chairunnisa, I., Sukma, H. H., Hasanah, M., & P, N. E. (2022). Menumbuhkan Karakter Wawasan Lingkungan Siswa Kelas 5 di SD Muhammadiyah Pandes dengan Media Tanaman. 1117–1124.
- Cici Mayani, Djohar Maknun, & Mujib Ubaidillah. (2023). Analisis keterampilan komunikasi ilmiah pada pembelajaran biologi. *Science Education and Development Journal Archives*, 1(1), 13–28. <https://doi.org/10.59923/sendja.v1i1.2>
- Cléménçon, R. (2021). Is sustainable development bad for global biodiversity conservation? *Global Sustainability*, 4. <https://doi.org/10.1017/sus.2021.14>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research Design “Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches.” In *Writing Center Talk over Time*. SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4324/9780429469237-3>
- Cutko, A. (2009). Biodiversity inventory of natural lands: a how-to manual for foresters and biologists. *Program*, 32 pages.
- Dahl, C. E., & Emontspool, J. (2021). Value-ing Biodiversity in the Garden. *Advances in Consumer Research*, 49, 65–69.
- Darmoatmodjo, L. M. Y. D., Epriliati, I., Widyawati, P. S., Purwanto, A., & Ganjari, L. E. (2024). Peningkatan Literasi Biodiversitas Menggunakan Model Kebun Botani di Madiun. *Warta LPM*, 27(2), 237–248. <https://doi.org/10.23917/warta.v27i2.4134>
- Daryanes, F. (2016). *Implementasi Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Habits Of Mind, Emotional Intelligence, Dan Penguasaan Konsep Siswa Sma Kelas Xi Pada Materi Sistem Ekskresi Dan Sistem Saraf* [Thesis]. Universitas Pendidikan Indonesia.

- Dichev, C., & Dicheva, D. (2017). Gamifying education: what is known, what is believed and what remains uncertain: a critical review. In *International Journal of Educational Technology in Higher Education* (Vol. 14, Issue 1). International Journal of Educational Technology in Higher Education. <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0042-5>
- Dillon, J., & Dickie, I. (2012). Learning in the natural environment: Review of social and economic benefits and barriers. *Acces to Evidance, May*, 1–48.
- Dillon, J., Rickinson, M., Teamey, K., Morris, M., Choi, M. Y., Sanders, D., & Benefield, P. (2016). The value of outdoor learning: Evidence from research in the UK and elsewhere. *Towards a Convergence Between Science and Environmental Education: The Selected Works of Justin Dillon, January*, 179–185. <https://doi.org/10.4324/9781315730486>
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2021). *Ancaman pestisida terhadap keanekaragaman hayati darat. Kementerian Pertanian Republik Indonesia*. Direktorat Jenderal Perkebunan. <https://ditjenbun.pertanian.go.id/ancaman-pestisida-terhadap-keanekaragaman-hayati-darat>
- Dixon, M. L., Thiruchselvam, R., Todd, R., & Christoff, K. (2017). Emotion and the prefrontal cortex: An integrative review. *Psychological Bulletin*, 143(10), 1033–1081. <https://doi.org/10.1037/bul0000096>
- Dring, C. C., Lee, S. Y. H., & Rideout, C. A. (2020). Public school teachers' perceptions of what promotes or hinders their use of outdoor learning spaces. *Learning Environments Research*, 23(3), 369–378. <https://doi.org/10.1007/s10984-020-09310-5>
- Dunn, A. M., Hofmann, O. S., Waters, B., & Witchel, E. (2011). Cloaking malware with the trusted platform module. In *Proceedings of the 20th USENIX Security Symposium* (pp. 395–410).
- Eck, M., Sare, A. R., Massart, S., Schmutz, Z., Junge, R., Smits, T. H. M., & Jijakli, M. H. (2019). Exploring Bacterial Communities in Aquaponic Systems. *Water*, 11(2), 260. <https://doi.org/10.3390/w11020260>
- Edwards-Jones, A., Waite, S., & Passy, R. (2018). Falling into LINE: school strategies for overcoming challenges associated with learning in natural environments (LINE). *Education* 3-13, 46(1), 49–63. <https://doi.org/10.1080/03004279.2016.1176066>
- Erten, S. (2011). Different Perspectives on Enviromental Eduacation. In *ACM Computing Surveys* (Issue 1).

- Faber, E. S. L., Colthorpe, K., Ainscough, L., & Kibedi, J. (2024). Students' approaches to developing scientific communication skills. *Advances in Physiology Education*, 48(3), 639–647. <https://doi.org/10.1152/ADVAN.00009.2024>
- Fägerstam, E., & Blom, J. (2013). Learning biology and mathematics outdoors: effects and attitudes in a Swedish high school context. *Journal of Adventure Education & Outdoor Learning*, 13(1), 56–75. <https://doi.org/10.1080/14729679.2011.647432>
- Fauzi, A. (2004). *Ekonomi sumber daya alam dan lingkungan: teori dan aplikasi* (First Edit). PT Gramedia Pustaka Utama.
- Fauziyah, N., Hanafi, Y., & Fitriani, T. (2021). Respons Siswa terhadap Media Pembelajaran Infografis pada Materi Keanekaragaman Hayati Kelas X SMA Muhammadiyah 3 Yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional ...*, 466–471. <http://www.seminar.uad.ac.id/index.php/semhasmengajar/article/view/7056%0Ahttp://www.seminar.uad.ac.id/index.php/semhasmengajar/article/download/7056/1917>
- Fauziyah, S. H., & Hernawan, A. H. (2024). 3575 Problematika Keterampilan Berbicara Dan Komunikasi Siswa Kelas Iv Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 09(01), 3575–3589.
- Ferguson, R. S., & Lovell, S. T. (2014). Permaculture for agroecology: Design, movement, practice, and worldview. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 251–274. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0181-6>
- Fitria, R., Sunardi, S., Abdullah, A., & Istikowati, W. T. (2023). Pengembangan Urban Permaculture di Kelompok Wanita Tani (KWT) Permata Bersemi Banjarbaru. *Jurnal Pengabdian ILUNG (Inovasi Lahan Basah Unggul)*, 3(2), 350. <https://doi.org/10.20527/ilung.v3i2.10291>
- Geden, M., Smith, A., Campbell, J., Spain, R., Amos-Binks, A., Mott, B., Feng, J., & Lester, J. (2019). Construction and Validation of an Anticipatory Thinking Assessment. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02749>
- Genus, A., Iskandarova, M., & Warburton Brown, C. (2021). Institutional entrepreneurship and permaculture: A practice theory perspective. *Business Strategy and the Environment*, 30(3), 1454–1467. <https://doi.org/10.1002/bse.2708>

- Ginanjar, E. G., Darmawan, B., & Sriyono. (2019). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Rendahnya Partisipasi Belajar Peserta Didik Smk. *Journal of Mechanical Engineering Education*, 6(2), 206–219.
- Graham, S., & Gillespie, A. (2011). Evidence-based practices for teaching writing. *Vanderbilt University*.
<http://education.jhu.edu/pd/newhorizons/better/articles/winter2011.html>
- Grunwald, A. (2004). Strategic knowledge for sustainable development: the need for reflexivity and learning at the interface between science and society. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, 1(1/2), 150.
<https://doi.org/10.1504/IJFIP.2004.004619>
- Guilford, J. P. (1956). The structure of intellect. *Psychological Bulletin*, 53(4), 267–293. <https://doi.org/10.1037/h0040755>
- Hake, R. R. (1999). Analyzing change/gain scores. *Indiana University*, 16(7), 1073–1080.
- Harry Saptarianto, Shelvi Deviani, Syamas Isti Anah, & Indah Noviyanti. (2024). Menghadapi Tantangan Era Digital, Strategi Integrasi Media Sosial, Literasi Digital dan Inovasi Bisnis. *Jurnal Manuhara : Pusat Penelitian Ilmu Manajemen Dan Bisnis*, 2(3), 128–139. <https://doi.org/10.61132/manuhara.v2i3.955>
- Hasanah, N. (2021). The Effect Of Guessing Game And Students' Self-Motivation On Their Speaking Ability Of Describing Things Around Us. In *Syarif Hidayatullah State Islamic University* (Vol. 75, Issue 17). Syarif Hidayatullah State Islamic University.
- Hastika, A. D. (2024). Penerapan Program Botanical Eco-Gamification Pada Materi Pembangunan Berkelanjutan Terhadap Kompetensi Esd, Team Work Dan Motivasi Mahasiswa Calon Guru Biologi [Thesis]. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Hawiyah, A. N., Afifah, L., Abadi, S., Prabowo, D. P., Irfan, B., & Widiawan, A. B. (2022). IDENTIFIKASI DAN PENGARUH PENGENDALIAN HAMA KUTU DAUN Rhopalosiphum maidis Fitch (HEMIPTERA: APHIDIDAE) PADA PERTANAMAN JAGUNG. *Jurnal Agrotech*, 12(2), 79–86.
<https://doi.org/10.31970/agrotech.v12i2.98>
- Hazbar, A. (2017). *Pengaruh Metode Diskusi terhadap Keterampilan Berkomunikasi Peserta Didik di Madrasah Aliyah Pesantren Madani Pao-Pao Kabupaten Gowa* [Skrispsi]. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

- Heiskanen, E., Thidell, Å., & Rodhe, H. (2016). Educating sustainability change agents: the importance of practical skills and experience. *Journal of Cleaner Production*, 123, 218–226. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.063>
- Hendriyaswati, P. (2008). *Pemanfaatan Kebun Sekolah Dalam Pembelajaran Biologi Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas Vii Semester Ii Smp N 1 Tunjungan Kabupaten Blora Tahun Pelajaran 2007/2008* [Skripsi]. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Henfrey, T. (2017). Permaculture Education as Ecology of Mind: The Head, Hands and Heart of Transformation. *Mass Intellectuality and Democratic Leadership in Higher Education*, August, 171–183. <https://doi.org/10.5040/9781474267618.ch-013>
- Holmgren, D. (2003). Essence of Permaculture. *Permaculture: Principles and Pathways To Sustainability*, 17. <http://www.goodreads.com/book/show/4862436-essence-of-permaculture>
- Holmgren, D. (2014). Permaculture: Principles & Pathways Beyond Sustainability. In *Planet Savers: 301 Extraordinary Environmentalists* (pp. 184–185). Greenleaf Publishing Limited. https://doi.org/10.9774/GLEAF.978-1-909493-73-5_185
- Hortal, J., De Bello, F., Diniz-Filho, J. A. F., Lewinsohn, T. M., Lobo, J. M., & Ladle, R. J. (2015). Seven Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46, 523–549. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054400>
- Ika, Y. E. (2018). Pembelajaran Berbasis Laboratorium IPA untuk Melatih Keterampilan Komunikasi Ilmiah Siswa SMP Kelas VII. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika Dan Riset Ilmiah)*, 2(2), 101–113. <https://doi.org/10.30599/jipfri.v2i2.338>
- Itszah. (2023). *Peran Mahasiswa sebagai Agen Perubahan di Era Digital* [Thesis]. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Jackson, W. (2002). Natural systems agriculture: a truly radical alternative. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(2), 111–117. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00247-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00247-X)
- Jang, J., Park, J. J. Y., & Yi, M. Y. (2015). Gamification of online learning. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9112, 646–649. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19773-9_82

- Jia, Y., Xu, B., Karanam, Y., & Voids, S. (2016). Personality, targeted Gamification: A Survey Study on Personality Traits and Motivational Affordances. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings, October, 2001–2013*. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858515>
- Jufriadi, A., Huda, C., Aji, S. D., Pratiwi, H. Y., & Ayu, H. D. (2022). Analisis Keterampilan Abad 21 Melalui Implementasi Kurikulum Merdeka Belajar Kampus Merdeka. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 7(1), 39–53. <https://doi.org/10.24832/jpnk.v7i1.2482>
- Junedi, B., Mahuda, I., & Kusuma, J. W. (2020). Optimalisasi keterampilan pembelajaran abad 21 dalam proses pembelajaran pada Guru MTs Massaratul Mut'allimin Banten. *Transformasi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 16(1), 63–72. <https://doi.org/10.20414/transformasi.v16i1.1963>
- Karaarslan-Semiz, G. (2022). Outdoor Education for Sustainability with Systems Thinking Perspective. *Sustainable Development Goals Series, Part F2743*(December), 39–53. https://doi.org/10.1007/978-3-031-09112-4_4
- Kebli, H., & Sinaj, S. (2017). Potentiel agronomique d'un engrais naturel à base de digestats de larves de mouches. *Recherche Agronomique Suisse*, 8(3), 88–95.
- Kemendikbudristek BSKAP. (2022). Salinan Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. In *Kemendikbudristek* (Issue 021). Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi. Laman <https://litbang.kemdikbud.go.id>
- Khadse, V. A., Ghatol, P. U., & Bhale, V. M. (2021). Adoption of biodynamic organic agriculture practices on farmer's field of Vidarbha region. ~ 510 ~ *The Pharma Innovation Journal*, 10(4), 510–512. <http://www.thepharmajournal.com>
- Khayrova, A., Lopatin, S., & Varlamov, V. (2019). Black Soldier Fly *Hermetia illucens* as a Novel Source of Chitin and Chitosan. *International Journal of Sciences*, 8(04), 81–86. <https://doi.org/10.18483/ijSci.2015>
- Kijowska-Oberc, J., Staszak, A. M., Kamiński, J., & Ratajczak, E. (2020). Adaptation of Forest Trees to Rapidly Changing Climate. *Forests*, 11(2), 123. <https://doi.org/10.3390/f11020123>
- Kleespies, M. W., & Dierkes, P. W. (2020). Personal Assessment of Reasons for the Loss of Global Biodiversity—an Empirical Analysis. *Sustainability*, 12(10), 4277. <https://doi.org/10.3390/su12104277>

- Kobi, I. A., Amus, S., Purwaningsih, C., Profesi, P., Prajabatan, G., Tadulako, U., Palu, K., & Sulawesi, P. (2025). *Optimalisasi Pembelajaran Aktif Dengan Metode Diskusi Kelompok Untuk Meningkatkan Partisipasi Peserta Didik pada Pembelajaran PPKn di Kelas IX SMP Negeri 1 Palu*. 4(1), 1299–1310.
- Kolb, D. A. (2014). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT Press.
- Krisdianto, K., Susilawati, I. O., & Fatimah, S. (2021). Permaculture gardening, the first step of food sustainability in the tropical freshwater wetland. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 758(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/758/1/012004>
- Kulik, C.-L. C., Kulik, J. A., & Bangert-Drowns, R. L. (1990). Effectiveness of Mastery Learning Programs: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 60(2), 265–299. <https://doi.org/10.3102/00346543060002265>
- Lang-Wojtasik, G. (2021). Great Transition and World Collective: Global Citizenship Education as Education for Transformation Within School. In *Regimes of Belonging – Schools – Migrations* (pp. 161–179). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-29189-1_10
- Lathwesen, C., & Belova, N. (2021). Escape rooms in stem teaching and learning—prospective field or declining trend? A literature review. *Education Sciences*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/educsci11060308>
- Lemke, J. R. (2020). Predicting incidences of neurodevelopmental disorders. *Brain*, 143(4), 1046–1048. <https://doi.org/10.1093/brain/awaa079>
- Lopes, J. M., Gomes, S., Oliveira, J., & Oliveira, M. (2021). The Role of Open Innovation, and the Performance of European Union Regions. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(2), 120. <https://doi.org/10.3390/joitmc7020120>
- Macías-Guillén, A., Díez, R. M., Serrano-Luján, L., & Borrás-Gené, O. (2021). Educational hall escape: Increasing motivation and raising emotions in higher education students. *Education Sciences*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/educsci11090527>
- Marinda, L. (2020). Teori Perkembangan Kognitif Jean Piaget Dan Problematikanya Pada Anak Usia Sekolah Dasar. *An-Nisa' : Jurnal Kajian Perempuan Dan Keislaman*, 13(1), 116–152. <https://doi.org/10.35719/annisa.v13i1.26>
- Maswar, M. (2019). Strategi Pembelajaran Matematika Menyenangkan Siswa (Mms) Berbasis Metode Permainan Mathemagic, Teka-Teki Dan Cerita Matematis.

- Alifmatika: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Matematika*, 1(1), 28–43.
<https://doi.org/10.35316/alifmatika.2019.v1i1.28-43>
- Mercer, N., Wegerif, R., & Major, L. (2019). *The Routledge International Handbook of Research on Dialogic Education* (N. Mercer, R. Wegerif, & L. Major, Eds.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429441677>
- Minnesota Department of Education. (2021). *Understanding Minnesota K-12 Academic Standards*. <https://education.mn.gov/mde/dse/stds/>
- Mittermeier, R. A., Turner, W. R., Larsen, F. W., Brooks, T. M., & Gascon, C. (2011). Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. *Biodiversity Hotspots: Distribution and Protection of Conservation Priority Areas*, 3–22.
- Mochizuki, Y., & Fadeeva, Z. (2010). Competences for sustainable development and sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 11(4), 391–403. <https://doi.org/10.1108/14676371011077603>
- Morawski, M., & Budke, A. (2019). How Digital and Oral Peer Feedback Improves High School Students' Written Argumentation—A Case Study Exploring the Effectiveness of Peer Feedback in Geography. *Education Sciences*, 9(3), 178. <https://doi.org/10.3390/educsci9030178>
- Mróz, A., & Ocetkiewicz, I. (2024). Anticipatory Thinking as a Key Competence in Management for Sustainability: The Results of Research Among Polish Teenagers. *Sustainability (Switzerland)*, 16(22), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su162210036>
- Muhamad Arif Mahdiannur. (2022). Analisis Keterampilan Praktik Ilmiah Siswa dalam Pembelajaran IPA SMP berciri Inkuiri Induktif. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 12(3), 850–858. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i3.705>
- Muhie, S. H. (2022). Novel approaches and practices to sustainable agriculture. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10, 100446. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100446>
- Murilo, L. (2025). *Ajuste evolutivo de um modelo baseado em autômatos celulares para representar a dinâmica de propagação de incêndios florestais* [Universidade Federal de Uberlândia]. <https://doi.org/10.14393/ufu.di.2025.21>
- Neill, J. T., & Richards, G. E. (1998). Does Outdoor Education Really Work? A Summary Of Recent Meta-Analyses. *Journal of Outdoor and Environmental Education*, 3(1), 2–9. <https://doi.org/10.1007/bf03400671>

- Nielsen, J. (2012). *Usability 101: Introduction to Usability*. <http://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability%0A%0A>
- Noorhapizah, N., Diani Ayu Pratiwi, & Karmilla Ramadhanty. (2022). Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Menggunakan Smart Model Untuk Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(2), 613–624. <https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v2i2.3773>
- Notoatmodjo, S. (2010). *Metode Penelitian Kesehatan*. Rineka Cipta.
- Novitasary, R. R. (2023). Penerapan Pembelajaran Berbasis Proyek pada Kurikulum Merdeka Belajar untuk Meningkatkan Keterampilan Komunikasi Peserta Didik. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Biologi*, 4(2), 100–112. <https://doi.org/10.26740/jipb.v4n2.p100-112>
- Nurdianah, D. (2013). *Penerapan Permainan Jual Beli Dalam Memecahkan Soal Cerita Matematika Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Pada Siswa Kelas Iii Sdn 2 Guwa Lor Kecamatan Kaliwedi Kabupaten Cirebon* [Thesis]. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Nurfajrina, N. S. (2021). Penerapan prinsip permakultur pada rancangan lansekap guna menciptakan arsitektur yang ramah terhadap air. *Seminar Karya & Pameran Arsitektur Indonesia*, 230–240.
- Nurlaelah, I., Widodo, A., Redjeki, S., & Rahman, T. (2020). Analisis Kemampuan Komunikasi Ilmiah Peserta Didik Pada Kegiatan Kelompok Ilmiah Remaja Berbasis Riset Terintegrasi Keterampilan Proses Sains. *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 12(2), 194. <https://doi.org/10.25134/quagga.v12i2.2899>
- Nurlaila, N., Fadillah, F., & Endang, B. (2014). Sikap cinta lingkungan pada anak usia 5-6 tahun di taman kanak-kanak rahadi usman [Universitas Tanjungpura]. In *Jurnal Untan*. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jpdpb/article/download/8204/8186>
- Nuwangi, P. P. (2022). *Pengaruh pembelajaran berbasis future workshop terhadap anticipatory competency dan intensi prolingkungan siswa sekolah menengah atas dalam isu perubahan iklim* [Skripsi]. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Nyberg, E., & Sanders, D. (2014). Drawing attention to the ‘green side of life.’ *Journal of Biological Education*, 48(3), 142–153. <https://doi.org/10.1080/00219266.2013.849282>
- Ojala, M. (2017). Hope and anticipation in education for a sustainable future. *Futures*, 94, 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.10.004>

- Okur, M., & Aksoy, V. (2025). The Effect of a Working Memory Intervention Package on the Working Memory Performance of Primary School Students with Specific Learning Disabilities. *Journal of Intelligence*, 13(2), 1–22. <https://doi.org/10.3390/jintelligence13020016>
- Osborne, J., & Pimentel, D. (2023). Science education in an age of misinformation. *Science Education*, 107(3), 553–571. <https://doi.org/10.1002/sce.21790>
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Paisley, K., Sibthorp, J., Furman, N., Schumann, S., & Gookin, J. (2008). Predictors of participant development through adventure education: Replication and extension of previous findings from NOLS. *Ninth Biennial Research Symposium*, 9, 15.
- Paryumi, P. (2021). Profil Karakter Peduli Lingkungan Peserta Didik Kelas X SMA Negeri 1 Karangrayung Kabupaten Grobogan. *Jurnal Kualita Pendidikan*, 2(3), 217–224. <https://doi.org/10.51651/jkp.v2i3.148>
- Patchen, A. K., Edwards, A., Rakow, D. A., & Meredith, G. R. (2024). Supporting children's wellbeing through outdoor time: opportunities to integrate consistent outdoor time into the elementary school day. *Frontiers in Public Health*, 12(December). <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1483862>
- Patriot, E. A. (2017). *Penerapan pembelajaran konseptual interaktif dengan pendekatan multirepresentasi untuk meningkatkan level pemahaman dan mengoptimalkan capaian keterampilan komunikasi ilmiah pada materi usaha dan energi* [Thesis]. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Paul Vare, Nadia Lausset, M. R. (2022). *Competences in Education for Sustainable Development* (P. Vare, N. Lausset, & M. Rieckmann, Eds.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-91055-6>
- Paull, J., & Hennig, B. (2020). A World Map of Biodynamic Agriculture. *Agricultural and Biological Sciences Journal*, 6(2), 114–119. <http://www.aiscience.org/journal/absjhttp://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- Pedro, L., Santos, C., Aresta, M., & Almeida, S. (2015). Peer-supported badge attribution in a collaborative learning platform: The SAPO Campus case. *Computers in Human Behavior*, 51, 562–567. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.03.024>

- Pereira, A. G., Schomberg, R. Von, & Funtowicz, S. (2007). Foresight knowledge assessment. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, 3(1), 53. <https://doi.org/10.1504/IJFIP.2007.011421>
- Pertiwi, Y. (2021). *Pengaruh Motivasi Belajar Siswa Terhadap Prestasi Belajar Siswa Dalam Pembelajaran Bahasa Indonesia Di Smpn 1 Kota Bengkulu* [Thesis].
- Prasetyo, L. B. (2017). *Pendekatan Ekologi Lanskap* (Issue November).
- Pretty, J., Benton, T. G., Bharucha, Z. P., Dicks, L. V., Flora, C. B., Godfray, H. C. J., Goulson, D., Hartley, S., Lampkin, N., Morris, C., Pierzynski, G., Prasad, P. V. V., Reganold, J., Rockström, J., Smith, P., Thorne, P., & Wratten, S. (2018). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 1(8), 441–446. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0114-0>
- Priest, S. (1986). Redefining Outdoor Education: A Matter of Many Relationships. *The Journal of Environmental Education*, 17(3), 13–15. <https://doi.org/10.1080/00958964.1986.9941413>
- Project WILD. (2018). *Project WILD: K-12 curriculum and activity guide (4th ed.)*. (4th ed.). Association of Fish and Wildlife Agencies. <https://www.fishwildlife.org/projectwild/project-wild>
- Pujianto, A. A., Degeng, I. N. S., & Sugito, S. (2020). Pengaruh penggunaan aplikasi Plantnet dan gaya belajar terhadap hasil belajar. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 7(1), 12–22. <https://doi.org/10.21831/jitp.v7i1.31365>
- Purnamasari, S., & Hanifah, A. N. (2021). Education for Sustainable Development (ESD) dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Kajian Pendidikan IPA*, 1(2), 69. <https://doi.org/10.52434/jkpi.v1i2.1281>
- Purwanto, Y. (2021). Applying ethnobiology in sustainable management and utilization of biological resources in Indonesia. In *Proceedings of KOBI 2nd International Confer.* 5www.easychair.org. <https://5www.easychair.org/publications/download/nxmj>
- Putri, A., & Wibowo, D. (2022). *Pentingnya Integrasi Keanekaragaman Hayati dalam Kurikulum Pendidikan* [Thesis]. Universitas Gadjah Mada.
- Putri, I. A. P. R. W., Wisudariani, N. M. R., & Yasa, I. N. (2023). Penerapan Metode Guessing Game Untuk Meningkatkan Keterampilan Berbicara Pada Pembelajaran Teks Berita Di Kelas VII C SMPN 5 Negara. *Jurnal Pendidikan Bahasa Dan Sastra Indonesia Undiksha*, 13(3), 140–148.
- Quelhas, O. L. G., Lima, G. B. A., Ludolf, N. V. E., Meiriño, M. J., Abreu, C., Anholon, R., Vieira Neto, J., & Rodrigues, L. S. G. (2019). Engineering education and the

- development of competencies for sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 20(4), 614–629. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-07-2018-0125>
- Rahma, D. (2018). *Permaculture practices: learn to work with nature*. Thomas van Rossum. <https://agrodite.com/permaculture-practices/>
- Rahmawati, S., & Putra, M. (2022). *Dampak Urbanisasi terhadap Keanekaragaman Hayati di Kota Bandung* [Thesis]. Universitas Padjadjaran.
- Rani, I. M. (2019). Analisis Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Sma Kelas X Di Kecamatan Seberang Ulu I Dan Kertapati Palembang. *Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya (JB&P)*, 6(1), 23–31. <https://doi.org/10.29407/jbp.v6i1.12515>
- Ratinen, I., & Linnanen, L. (2022). The Connection of Finns' Environmental Awareness to Their Anticipatory Competence. *Frontiers in Education*, 7(April), 1–8. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.838005>
- Redman, A., & Wiek, A. (2021). Competencies for Advancing Transformations Towards Sustainability. *Frontiers in Education*, 6(November), 1–11. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.785163>
- 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 and King's College London*, March, 68.
- Ridep. (2023). *Permaculture in schools*. <https://ridepkenya.org/permaculture-in-schools/>
- Riduwan. (2015). *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*. ALFABETA.
- Rieckmann, M. (2012). Future-oriented higher education: Which key competencies should be fostered through university teaching and learning? *Futures*, 44(2), 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.09.005>
- Rieckmann, M. (2019). Education for sustainable development, an international perspective. *Environmental Education*, 5(May), 599–603. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.07.149>
- Rikawati, K., & Sitinjak, D. (2020). Peningkatan Keaktifan Belajar Siswa dengan Penggunaan Metode Ceramah Interaktif. *Journal of Educational Chemistry (JEC)*, 2(2), 40. <https://doi.org/10.21580/jec.2020.2.2.6059>
- Robinson, J. (2003). Future subjunctive: backcasting as social learning. *Futures*, 35(8), 839–856. [https://doi.org/10.1016/S0016-3287\(03\)00039-9](https://doi.org/10.1016/S0016-3287(03)00039-9)

- Roche, D. G., O'Dea, R. E., Kerr, K. A., Rytwinski, T., Schuster, R., Nguyen, V. M., Young, N., Bennett, J. R., & Cooke, S. J. (2022). Closing the knowledge-action gap in conservation with open science. *Conservation Biology*, 36(3). <https://doi.org/10.1111/cobi.13835>
- Roe, S., Streck, C., Obersteiner, M., Frank, S., Griscom, B., Drouet, L., Fricko, O., Gusti, M., Harris, N., Hasegawa, T., Hausfather, Z., Havlík, P., House, J., Nabuurs, G. J., Popp, A., Sánchez, M. J. S., Sanderman, J., Smith, P., Stehfest, E., & Lawrence, D. (2019). Contribution of the land sector to a 1.5 °C world. *Nature Climate Change*, 9(11), 817–828. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0591-9>
- Rohman, M. A., & Suhartini, S. (2024). Upaya Meningkatkan Komunikasi Ilmiah Peserta Didik pada Mata Pelajaran IPA melalui Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL). *Prosiding Seminar Nasional ...*, 1119–1126. <https://proceeding.unnes.ac.id/snpptk/article/view/3245%0Ahttps://proceeding.unnes.ac.id/snpptk/article/download/3245/2714>
- Ross, N. (2023). Permaculture Curriculum for Public School Children in the United States. *Spring*.
- Samatowa, U. (2010). *Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar*. PT Indeks.
- Saputri, H., Winarti, A., & Sholahuddin, A. (2022). Media Pembelajaran Interaktif Powerpoint-Ispring untuk Meningkatkan Keterampilan Komunikasi dan Penguasaan Konsep Larutan Penyangga. *Jurnal Pendidikan Kimia Undiksha*, 6(2), 34–45.
- Saragih, M. G., Saragih, L., Purba, J. W. P., & Panjaitan, P. D. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif: Dasar-Dasar Memulai Penelitian*. Yayasan Kita Menulis.
- Sebastiaan, T. (2024). *Anticipating Weather and Climate Extremes The Value of Early Action to Reduce Disaster Impacts Tim Busker*.
- Septian, I., Ariyati, E., & Marlina, R. (2018). Analisis Konsepsi Siswa pada Materi Keanekaragaman Hayati di SMA. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Khatulistiwa*, 7(10), 1–12. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jpdpb/article/viewFile/29346/75676578969>
- Setiawan, A. R. (2020). *What is the Best Way to Analyze Pre-Post Data?* <https://doi.org/10.35542/osf.io/h4e6q>
- Shanahan, T., & Shanahan, C. (2017). Disciplinary literacy just the FAQs. *Educational Leadership*, 74(5), 18–22.

- Shannag, H. K., Al-Qudah, J. M., Makhadmeh, I. M., & Freihat, N. M. (2007). Differences in growth and yield responses to *Aphis gossypii* Glover between different okra varieties. *Plant Protection Science*, 43(3), 109–116. <https://doi.org/10.17221/2250-pps>
- Shin, T. S., Ranellucci, J., & Roseth, C. J. (2017). Effects of peer and instructor rationales on online students' motivation and achievement. *International Journal of Educational Research*, 82, 184–199. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2017.02.001>
- Shofiyah, S., Indriyanti, D. R., & Binadja, A. (2014). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Ipa Bervisi Sets Kompetensi Terkait Pengendalian Hama Dan Penyakit Organ Tumbuhan. *Lembaran Ilmu Kependidikan*, 43(1), 128–133.
- Shume, T. J., & Blatt, E. (2019). A sociocultural investigation of pre-service teachers' outdoor experiences and perceived obstacles to outdoor learning. *Environmental Education Research*, 25(9), 1347–1367. <https://doi.org/10.1080/13504622.2019.1610862>
- Siammukaromah, B. J. N., & Hujjatusnaini, N. (2024). *Implementasi Sistem Aquaponik sebagai Media Pembelajaran pada Modul P5PPRA di Madrasah Aliyah Hidayatul Insan*. 4, 31–37.
- Sigovini, M., Keppel, E., & Tagliapietra, D. (2016). Open Nomenclature in the biodiversity era. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(10), 1217–1225. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12594>
- Sikodia, N., Battan, B., & Khola, N. (2023). *Novel approaches for intensifying agriculture*. Shweta Sharma, 50, *Multidisciplinary Approach: Enhanced Agriculture Production in a Sustainable Way*.
- Sinakou, E., Donche, V., Pauw, J. B. De, & Van Petegem, P. (2019). Designing powerful learning environments in education for sustainable development: A conceptual framework. *Sustainability (Switzerland)*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/su11215994>
- Singer, T., Seymour, B., O'Doherty, J. P., Stephan, K. E., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2006). Empathic neural responses are modulated by the perceived fairness of others. *Nature*, 439(7075), 466–469. <https://doi.org/10.1038/nature04271>.
- Sinurat, F. M. I. (2022). PENGGUNAAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK UNTUK MENINGKATKAN PRESTASI BELAJAR MATEMATIKA PADA SMKN 1 CIKARANG SELATAN. *Indonesian Journal of Educational Development*, 2(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.6203446>

- Solikha, S., & Suprpta, I. (2020). PENGARUH HARGA DAN KUALITAS PELAYANAN TERHADAP KEPUASAN PELANGGAN (Studi Kasus pada PT. GO-JEK). *Jurnal Ekobis : Ekonomi Bisnis & Manajemen*, 10(1), 67–81. <https://doi.org/10.37932/j.e.v10i1.91>
- Spektor-Levy, O., Eylon, B. S., & Scherz, Z. (2009a). Teaching scientific communication skills in science studies: Does it make a difference? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(5), 875–903. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9150-6>
- Spektor-Levy, O., Eylon, B. S., & Scherz, Z. (2009b). Teaching scientific communication skills in science studies: Does it make a difference? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(5), 875–903. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9150-6>
- Stagg, B. C., Hetherington, L., & Dillon, J. (2025). Towards a model of plant awareness in education: a literature review and framework proposal. *International Journal of Science Education*, 47(4), 539–559. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2342575>
- Stathopoulou, P., Berillis, P., Levizou, E., Kormas, A. K., Aggelaki, A., Kapsis, P., Vlahos, N., & Mente, E. (2018). Aquaponics : A Mutually Beneficial Relationship of Fish , Plants and Bacteria. *Hydromedit, December*, 191–195.
- Sterling, S. (2024). Transformative Learning and Sustainability: *Learning and Sustainability in Dangerous Times*, January 2011, 149–162. <https://doi.org/10.2307/jj.13473649.14>
- Su, C., & Cheng, C. (2015). A mobile gamification learning system for improving the learning motivation and achievements. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(3), 268–286. <https://doi.org/10.1111/jcal.12088>
- Sugiarti, E., H. Susanto, S., & Khanafiyah. (2015). *Pengaruh Model Pembelajaran Inquiry Berbasis Metode Pictorial Riddle Terhadap Kemampuan Berkomunikasi Ilmiah Siswa Smp*. 3(4), 95–101.
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kuantitatif*. ALFABETA.
- Suharnani. (2016). *Pengaruh Motivasi dan Kemampuan Berkomunikasi Sains Dalam Pembelajaran Kooperatif Tipe GI (Group Investigation) Terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa Kelas XI SMTI Tanjung Karang* [Skripsi]. Universitas Negeri Lampung.
- Suwarto, R. S., Sanjaya, Y., & Solihat, R. (2021). Implementation of education for sustainable development and pupils' sustainability consciousness in Adiwiyata

- School and ESD-based school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012153>
- Sweeney, L. B. (2017). All Systems Go! Developing a Generation of “Systems-Smart” Kids. In *EarthEd* (pp. 141–153). Island Press/Center for Resource Economics. https://doi.org/10.5822/978-1-61091-843-5_12
- Sweet, A. P., & Snow, C. E. (2023). *Rethinking reading comprehension*. Guilford Press. <https://books.google.co.id/books?id=YiefzqdD8KMC>
- Tafonao, T. (2018). Peranan Media Pembelajaran Dalam Meningkatkan Minat Belajar Mahasiswa. *Jurnal Komunikasi Pendidikan*, 2(2), 103. <https://doi.org/10.32585/jkp.v2i2.113>
- Treise, D., & Weigold, M. F. (2002). Advancing science communication. *Science Communication*, 23(3), 310–322. <https://doi.org/10.1177/107554700202300306>
- Tridakusumah, A. C. (2023). Permaculture: Model Pertanian Berkelanjutan. *COMSEP: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(3), 232–238. <https://doi.org/10.54951/comsep.v4i1.278>
- Tsanawiyah, S. (2016). *Penerapan Model Pembelajaran Discovery Learning Untuk Meningkatkan Sikap Kerjasama Dan Rasa Ingin Tahu Siswa*. Universitas Pasundan.
- Tugrul Mart, C. (2019). Reflections on Discussions of Literature: A Language Learning Environment to Promote Speaking Skills. *The Journal of Social Sciences Research*, 54, 846–850. <https://doi.org/10.32861/jssr.54.846.850>
- Ulimaz, A. (2015). Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas X Pada Konsep Keanekaragaman Hayati Menggunakan Model Pembelajaran Inkuiri. *Konstruktivisme: Jurnal Pendidikan & Pembelajaran*, 7(1), 61–66. <https://doi.org/10.30957/konstruk.v7i1.26>
- UNESCO. (2017). *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives*. Paris: UNESCO. World Commission on Environment and Development. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>
- United Nations. (2023). *Goal 12: Ensure sustainable consumption and production patterns*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/>
- Vaughter, P., & Yume Yamaguchi, S. (2023). Education for Sustainable Development (ESD) in the context of transformative education. In *Handbook of Education*

- Policy* (pp. 243–256). Edward Elgar Publishing.
<https://doi.org/10.4337/9781800375062.00024>
- Vera, A. (2019). *Metode mengajar anak di luar kelas (outdoor study)*. Yogyakarta Diva Press.
- Wahidi, A., Wuryastuti, S., & Suratno, T. (2021). Implementasi dan Apresiasi Pembelajaran E-Learning Bagi Siswa SD di Masa Pandemi. *Didaktika*, 1(1), 139–147. <https://doi.org/10.17509/didaktika.v1i1.33363>
- Waite, S. (2011). Teaching and learning outside the classroom: personal values, alternative pedagogies and standards. *Education 3-13*, 39(1), 65–82. <https://doi.org/10.1080/03004270903206141>
- Wals, A. E. J., Brody, M., Dillon, J., & Stevenson, R. B. (2014). Convergence Between Science and Environmental Education. *Science*, 344(6184), 583–584. <https://doi.org/10.1126/science.1250515>
- Weltin, M., Zasada, I., Piore, A., Debolini, M., Geniaux, G., Moreno Perez, O., Scherer, L., Tudela Marco, L., & Schulp, C. J. E. (2018). Conceptualising fields of action for sustainable intensification – A systematic literature review and application to regional case studies. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 257(April), 68–80. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.01.023>
- Whelan, K. (2021). *Developing the key skills of communication and working with others alongside scientific planning skills in the science classroom* (Issue June). Dublin City University.
- Widjajanti, D. (2014). PENGANTAR PEMAHAMAN PENDIDIKAN KONSUMSI BERKELANJUTAN (PKB) DI INDONESIA. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1). Yayasan Pembangunan Berkelanjutan dalam Kemitraan dengan United Nations of Environment Programme (UNEP).
- Widjajanti, D., Matakupan, S. J., & Didham, R. J. (2014). *Pengantar pemahaman pendidikan konsumsi berkelanjutan* (First Edit). Yayasan Pembangunan Berkelanjutan dalam Kemitraan dengan United Nations of Environment Programme (UNEP).
- Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6(2), 203–218. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>
- Wijayakusuma, M. H. (1994). *Tanaman berkhasiat obat di Indonesia* (First Edit). Pustaka Kartini.

- Wilkinson, E., & Nur, L. (2020). Integrating ‘anticipatory action’ in disaster risk management. *ODI*.
- Winarni, I. (2012). Ruang Lingkup dan Perkembangan Hortikultura. *Jurnal Hortikultura*, 1–43.
- Withycombe, L. K. (2010). Anticipatory Competence as a Key Competence in Sustainability Education. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 7(2), 107–115. https://www.academia.edu/267695/Anticipatory_Competence_as_a_Key_Competence_in_Sustainability_Education
- Wyner, Y., & Doherty, J. H. (2022). Caring to know a name: An examination of New York City student attitudes towards knowing a tree’s name. *Plants People Planet*, 4(3), 283–302. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10249>
- Zidni, I., Iskandar, I., Rizal, A., Andriani, Y., & Ramadan, R. (2019). The Effectiveness of Aquaponic Systems with Different Types of Plants on the Water Quality of Fish Culture Media. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 9(1), 81. <https://doi.org/10.33512/jpk.v9i1.7076>