

**Pengembangan E-Modul Bermuatan ESD Sebagai Upaya
Meningkatkan Kompetensi Berpikir Sistem Dan Kesadaran
Berkelanjutan Siswa SMA**

TESIS

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar magister pada
Program Studi Pendidikan Biologi



Oleh :

Lia Zaradiva

NIM. 2317455

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

2025

**Pengembangan E-Modul Bermuatan ESD Sebagai Upaya Meningkatkan
Kompetensi Berpikir Sistem dan Kesadaran Berkelanjutan Siswa SMA**

Oleh

Lia Zaradiva, S.Pd., gr.

Universitas Syiah Kuala, 2015

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

©Lia Zaradiva 2025
Universitas Pendidikan Indonesia
Desember 2025

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

HALAMAN PENGESAHAN

LIA ZARADIVA

PENGEMBANGAN E-MODUL BERMUATAN ESD SEBAGAI UPAYA MENINGKATKAN KOMPETENSI BERPIKIR SISTEM DAN KESADARAN BERKELANJUTAN SISWA SMA

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Prof. Dr. Hj. Widi Purwianingsih, M.Si.
NIP. 196209211991032001

Pembimbing II



Dr. Amprasto, M.Si
NIP. 196607161991011001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Pendidikan Biologi



Dr. Amprasto, M.Si.
NIP. 196607161991011001

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Lia Zaradiva
NIM : 2317455
Program Studi : Pendidikan Biologi
Judul Karya : Pengembangan E-Modul Bermuatan ESD sebagai Upaya
Meningkatkan Kompetensi Berpikir Sistem dan Kesadaran
Berkelanjutan Siswa SMA

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 bagian yang telah dinyatakan dan disebutkan sumbernya dengan jelas.

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

Bandung, November 2025



Lia Zaradiva

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil 'Alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga tesis ini yang berjudul “Pengembangan E-Modul Bermuatan ESD sebagai Upaya Meningkatkan Kompetensi Berpikir Sistem dan Kesadaran Berkelanjutan Siswa SMA” dapat diselesaikan. Salawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga dan para sahabatnya.

Penulisan tesis ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Magister Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Pendidikan Indonesia. Selain itu, proses penyusunan ini juga menjadi kesempatan bagi penulis untuk memperluas wawasan, khususnya dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan ilmiah. Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi isi maupun penyajiannya, sehingga segala saran dan masukan sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan tesis ini, sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada yang terhormat:

1. Dr. Hj. Widi Purwianingsih, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang dengan penuh kesabaran telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu serta motivasi selama masa proses perencanaan hingga penyusunan tesis;
2. Dr. Amprasto, M.Si., selaku dosen pembimbing II sekaligus Ketua Program Studi Pendidikan Biologi FPMIPA UPI atas bimbingan, arahan, dan motivasi yang telah diberikan, sehingga penulis mampu menyelesaikan tesis ini dengan lancar;
3. Dr. Prof Riandi, M.Si., selaku dosen penguji I yang telah memberikan saran, masukan serta perbaikan yang sangat berarti sejak seminar proposal.
4. Dr. Siti Sriyati, M.Si., selaku penguji II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan perbaikan dalam penyempurnaan tesis ini.
5. Prof. Dr. Phil. Ari Widodo, M.Ed., selaku pembimbing akademik, atas perhatian, dukungan, serta arahan akademik yang diberikan selama proses perkuliahan hingga penulis dapat menyelesaikan studi dan penyusunan tesis ini.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penyusunan tesis ini, sehingga kritik dan saran dari berbagai pihak sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi penulis secara pribadi maupun bagi para pembaca pada umumnya.

Bandung, November 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Lia Zaradiva', written on a light-colored rectangular background.

Lia Zaradiva

ABSTRAK

Pengembangan E-Modul Bermuatan ESD Sebagai Upaya Meningkatkan Kompetensi Berpikir Sistem Dan Kesadaran Berkelanjutan Siswa SMA

Lia Zaradiva
2317455

Rendahnya kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan pada peserta didik di Indonesia mendorong perlunya inovasi pembelajaran. Salah satu pendekatan yang efektif adalah pengembangan e-modul bermuatan Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan (ESD). Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi isu pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar yang layak diintegrasikan ke dalam e-modul, (2) mendeskripsikan proses integrasinya, (3) menganalisis capaian kompetensi berpikir sistem, (4) menelaah capaian kesadaran berkelanjutan, dan (5) mengevaluasi respons peserta didik terhadap e-modul. Penelitian menggunakan metode *mixed methods* dengan desain eksploratori. Partisipan terdiri atas masyarakat sekitar pabrik kabupaten Aceh Besar, pejabat Dinas Lingkungan Hidup Aceh Besar, dan 72 peserta didik kelas X SMA di Aceh Besar, terbagi menjadi kelas eksperimen menggunakan e-modul bermuatan ESD dan kelas kontrol menggunakan buku teks IPA Biologi. Instrumen tes kompetensi berpikir sistem berupa delapan soal esai berdasarkan kerangka UNESCO (2017) dan instrumen non-tes angket kesadaran berkelanjutan berupa 27 pernyataan (Gericke *et al.*, 2018). Analisis data menggunakan *Mann-Whitney U Test*. Hasil menunjukkan isu pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar relevan untuk diintegrasikan pada e-modul bermuatan ESD, e-modul yang dikembangkan sangat valid dengan rata-rata nilai 3,81, serta penggunaan e-modul secara signifikan meningkatkan kompetensi berpikir sistem ($p < 0,001$) dan kesadaran berkelanjutan ($p = 0,000$) peserta didik pada kategori peningkatan sedang. Selain itu, peserta didik memberikan respons sangat baik terhadap e-modul dengan nilai diatas 85% pada aspek penyajian materi, fungsi e-modul, kebahasaan, grafik dan pengalaman belajar menggunakan e-modul bermuatan ESD. Temuan ini menunjukkan bahwa e-modul bermuatan ESD berpotensi mendukung pengembangan kompetensi berpikir sistem dan kesadaran berkelanjutan.

Kata kunci : Kompetensi berpikir sistem, kesadaran berkelanjutan, ESD, E-Modul

ABSTRACT

Development of an E-Module with ESD Content as an Effort to Enhance System Thinking Competence and Sustainability Awareness of Senior High School Students

The low levels of system thinking competence and sustainability awareness among students in Indonesia highlight the need for innovative learning approaches. One effective strategy is the development of e-modules incorporating Education for Sustainable Development (ESD) content. This study aimed to: (1) identify issues related to the cement factory suitable for integration into the e-module, (2) describe the integration process, (3) analyze the achievement of system thinking competence, (4) examine the attainment of sustainability awareness, and (5) evaluate students' responses to the e-module. The study employed a mixed-methods approach with an exploratory design. Participants included the local community around the cement factory from the Aceh Besar Environmental Agency, and 72 tenth-grade high school students in Aceh Besar, divided into an experimental class using the ESD-based e-module and a control class using standard biology textbooks.

The system thinking competence test consisted of eight essay questions based on the UNESCO (2017) framework, while sustainability awareness was assessed using a 27-item non-test questionnaire (Gericke et al., 2018). Data analysis was conducted using the Mann-Whitney U Test. The results indicated that issues related to the cement factory were relevant for integration into the ESD-based e-module. The developed e-module was highly valid, with an average score of 3.81. Its implementation significantly improved students' system thinking competence ($p < 0.001$) and sustainability awareness ($p = 0.000$) at a moderate level of improvement. Furthermore, students responded very positively to the e-module, with scores above 85% in aspects such as content presentation, e-module functionality, language, graphics, and learning experience using the ESD-based e-module. These findings suggest that ESD-based e-modules have the potential to support the development of system thinking competence and sustainability awareness.

Keywords: Systems thinking competence, sustainability awareness, ESD, e-module

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASIRISME	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Batasan Masalah	8
1.4 Tujuan Penelitian	9
1.5 Manfaat Penelitian	9
1.6 Struktur Organisasi Tesis	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Berpikir Sistem	11
2.2 Kesadaran Berkelanjutan	17
2.3 E-Modul	20
2.3.1 Definisi E-Modul.....	21
2.3.2 Karakteristik dan Beberapa Kelebihan E-Modul.....	21
2.3.3 E-Modul Bermuatan ESD.....	23
2.4 <i>Education For Sustainable</i> (ESD)	26
2.5 Materi Ekosistem	29
2.6 Keterkaitan E-Modul Bermuatan ESD Dengan Kompetensi Berpikir dan Kesadaran Berkelanjutan	31
BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1 Desain Penelitian	35
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	36
3.3 Partisipan dan Teknik Sampling	36
3.4 Definisi Operasional Variabel	38

3.5	Prosedur Penelitian	39
3.5.1.	Fase Kualitatif	39
3.5.2.	Fase Pengembangan	42
3.5.3.	Fase Kuantitatif	44
3.6	Instrumen Penelitian	45
3.7	Teknik Analisis Data	64
BAB IV	HASIL PENELITIAN	71
4.1	Karakteristik Isu Pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar dapat Diintegrasikan dalam E-Modul bermuatan ESD.....	71
4.1.1	Hasil <i>coding</i> Isu Pabrik Semen.....	68
4.1.2	Identifikasi Isu Pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar untuk Pengembangan E-Modul	73
4.2	Integrasi Isu Pabrik Semen Dalam Pengembangan E-Modul	88
4.2.1	Bentuk Integrasi Pabrik Semen Dalam Pengembangan E-Modul Bermuatan ESD	88
4.2.2	Analisis Kebutuhan Pembelajaran.....	98
4.2.3	Proses Mendesain Produk E-Modul	105
4.2.4	Uji Coba Penggunaan E-Modul Bermuatan ESD.....	115
4.3	Peningkatan Kompetensi Berpikir Sistem Peserta Didik.....	118
4.3.1	Indikator Kemampuan Mengenali dan Memahami Hubungan ...	124
4.3.2	Indikator Kemampuan menganalisis Sistem Yang Kompleks.....	126
4.3.3	Indikator Memahami Cara Sistem Tertanam Dalam Domain dan Skala Berbeda	129
4.3.4	Indikator Kemampuan Menghadapi Ketidakpastian	131
4.4	Peningkatan Kompetensi Kesadaran Berkelanjutan peserta Didik.....	133
4.4.1	Peningkatan Indikator Pengetahuan Berkelanjutan	138
4.4.2	Peningkatan Indikator Sikap Berkelanjutan	140
4.4.3	Peningkatan Indikator Perilaku Berkelanjutan	142
4.5	Respons Peserta Didik Terhadap Penggunaan E-Modul.....	144
BAB V	PEMBAHASAN	146
5.1	Karakteristik Isu Pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar di yang dapat Diintegrasikan dalam E-Modul bermuatan ESD.....	146

5.1.1 Hasil <i>coding</i> Isu Pabrik Semen.....	146
5.1.2 Identifikasi Isu Pabrik semen di Kabupaten Aceh Besar untuk Pengembangan E-Modul	147
5.2 Integrasi Isu Pabrik Semen Dalam Pengembangan E-Modul	153
5.2.1 Bentuk Integrasi Isu Pabrik Semen Dalam Pengembangan E-Modul Bermuatan ESD	154
5.2.2 Analisis Kebutuhan Pembelajaran.....	157
5.2.3 Proses Mendesain Produk E-Modul	162
5.2.4 Uji Coba Penggunaan E-Modul Bermuatan ESD.....	173
5.3 Peningkatan Kompetensi Berpikir Sistem Peserta Didik.....	174
5.3.1 Indikator Kemampuan Mengenali dan Memahami Hubungan ...	180
5.3.2 Indikator Kemampuan menganalisis Sistem Yang Kompleks.....	185
5.3.3 Indikator Memahami Cara Sistem Tertanam Dalam Domain dan Skala Berbeda	190
5.3.4 Indikator Kemampuan Menghadapi Ketidakpastian	197
5.4 Peningkatan Kompetensi Kesadaran Berkelanjutan peserta Didik.....	201
5.4.1 Peningkatan Indikator Pengetahuan Berkelanjutan	207
5.4.2 Peningkatan Indikator Sikap Berkelanjutan	211
5.4.3 Peningkatan Indikator Perilaku Berkelanjutan	216
5.5 Respons Peserta Didik Terhadap Penggunaan E-Modul.....	223
BAB VI KESIMPULAN	226
6.1 Kesimpulan	226
6.2 Implikasi	227
6.3 Rekomendasi.....	227
DAFTAR PUSTAKA.....	229
LAMPIRAN.....	246

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Indikator Kompetensi Berpikir Sistem (Semiz & Tekzos).....	14
Tabel 2.2 Karakteristik E-Modul Bermuatan ESD	24
Tabel 3.1 Partisipan dan Teknik Sampling	46
Tabel 3.2 Desain Penelitian <i>non-equivalent control group design</i>	44
Tabel 3.3 Target, Sumber Data, Instrumen Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data.....	45
Tabel 3.4 Kisi -kisi Pedoman Wawancara dengan Perangkat Desa A Dan Desa B	47
Tabel 3.5 Kisi - Kisi Pedoman Wawancara dengan Pegawai Dinas Lingkungan Hidup	48
Tabel 3.6 Kisi -Kisi Wawancara Guru.....	50
Tabel 3.7 Kisi -kisi Instrumen Lembar Validasi.....	53
Tabel 3.8 Kriteria Tes Rumpang	53
Tabel 3.9 Interpretasi Tingkat Keterbacaan Pada Tes Rumpang.....	
Tabel 3.10 Kisi -kisi Angket Respons Uji Coba Terbatas E-Modul.....	54
Tabel 3.11 Kisi-Kisi Instrumen Soal Kompetensi Berpikir Sistem	55
Tabel 3.12 Kriteria Validitas Butir Soal	56
Tabel 3.13 Kriteria Reliabilitas Butir Soal.....	56
Tabel 3.14 Hasil Analisis Soal Kompetensi Berpikir Sistem	57
Tabel 3.15 Kisi- Kisi Angket Kesadaran Berkelanjutan	58
Tabel 3.16 Hasil Analisis Uji Coba Angket Kesadaran Berkelanjutan	59
Tabel 3.17 Revisi Pernyataan Angket Kesadaran Berkelanjutan yang Tidak Valid	60
Tabel 3.18 Kisi -Kisi respons Peserta Didik Terhadap Pembelajaran Menggunakan E-Modul Bermuatan ESD	62
Tabel 3.19 Kriteria Interpretasi Skor Validasi E-Modul	67
Tabel 3.20 Kriteria N-Gain	69
Tabel 3.21 Kriteria Angket Respons Peserta Didik Pada Uji Coba Terbatas	70
Tabel 4.1 Hasil Integrasi dan Analisis Isu Pabrik Semen Dalam E-Modul	89
Tabel 4.2 Capaian Pembelajaran Fase E	98
Tabel 4.3 Analisis Wawancara Guru Terhadap Bahan Ajar	100
Tabel 4.4 Analisis Bahan Ajar yang Digunakan Oleh Guru.....	102
Tabel 4.5 Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) Materi Ekosistem.....	106
Tabel 4.6 Rancangan dan Kerangka E-Modul	110
Tabel 4.7 Fitur yang Dirancang pada E-Modul.....	111
Tabel 4.8 Rata -Rata Nilai Validasi E-Modul.....	113
Tabel 4.9 Hasil Revisi Terhadap E-Modul	114
Tabel 4.10 Ringkasan Hasil Uji Keterbacaan E-Modul	116
Tabel 4.11 Data <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Kompetensi Berpikir Sistem	119
Tabel 4.12 Rata -Rata Skor dan Selisih Capaian Kompetensi Berpikir Sistem Pada Setiap Indikator.....	123
Tabel 4.13 Hasil Uji Statistik Indikator Kemampuan Mengenali Mengenali Hubungan	124
Tabel 4.14 Hasil Statistik Indikator Menganalisis Sistem yang Kompleks	127
Tabel 4.15 Hasil Uji Statistik Indikator Memahami Cara Sistem Tertanam	

Dalam Domain dan Skala Berbeda	129
Tabel 4.16 Hasil Uji Statistik Indikator Kemampuan Menghadapi Ketidakpastian	131
Tabel 4.17 Hasil Uji Statistik <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Kesadaran Berkelanjutan	133
Tabel 4.18 Rata- Rata Selisih Peningkatan Skor Kesadaran Berkelanjutan Pada Setiap Indikator	137
Tabel 4.19 Hasil Statistik Indikator Pengetahuan Berkelanjutan	138
Tabel 4.20 Hasil Uji Statistik Indikator Sikap Berkelanjutan	140
Tabel 4.21 Hasil Uji Statistik Indikator Perilaku Berkelanjutan	142

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tujuh Belas Tujuan Pembangunan Berkelanjutan	27
Gambar 3.1	Desain Penelitian <i>Exploratory Sequential Design</i>	35
Gambar 3.2	Tahapan Penelitian Desain Exploratory Sequential Design ..	41
Gambar 3.3	Peta Wilayah Penelitian Sekitar Isu Pabrik Semen.....	47
Gambar 4.1	Distribusi Informasi Berdasarkan <i>Axial</i> dan <i>Selective coding</i>	72
Gambar 4.2	Hasil Identifikasi Isu Pabrik Semen yang Dapat diintegrasikan Pada Pengembangan E-Modul.....	75
Gambar 4.3	Peta Lokasi Penambangan Pabrik Semen dan Ekosistem Sekitar	77
Gambar 4.4	Kondisi Lingkungan Desa A dan Desa B.....	79
Gambar 4.5	Peta Daerah Terdampak Penambangan Batu Gamping Pabrik Semen	81
Gambar 4.6	Hasil Validasi Per Aspek	113
Gambar 4.7	Ringkasan Respons Peserta Didik Pada Uji Coba Terbatas...	117
Gambar 4.8	Saran, Kritik dan Harapan Peserta Didik Pada Uji Coba E-Modul Terbatas.....	117
Gambar 4.9	Sebaran N-Gain Kompetensi Berpikir Sistem Pada Kelas Eksperimen dan kelas Kontrol.....	122
Gambar 4.10	Sebaran N-Gain Kompetensi Berpikir Sistem Mengenali dan Memahami Hubungan.....	126
Gambar 4.11	Sebaran N-Gain Indikator Menganalisis Sistem	128
Gambar 4.12	Sebaran N-Gain Indikator Memahami Cara Sistem Tertanam dalam Domain dan Skala Berbeda.....	130
Gambar 4.13	Sebaran N-Gain Indikator Kemampuan Menghadapi Ketidakpastian	132
Gambar 4.14	Sebaran Kriteria N-Gain Kesadaran Berkelanjutan	136
Gambar 4.15	Sebaran N-Gain Indikator Pengetahuan Berkelanjutan	139
Gambar 4.16	Sebaran N-Gain Indikator Sikap Berkelanjutan.....	141
Gambar 4.17	Sebaran N-Gain Indikator Perilaku Berkelanjutan.....	144
Gambar 4.18	Respons Peserta didik Pada penggunaan E-Modul.....	145
Gambar 5.1	Hasil Rata -rata Validasi E-Modul	171
Gambar 5.2	Cuplikan Pada Fitur Info Lingkungan E-Modul.....	176
Gambar 5.3	Selisih Peningkatan Rata -rata Indikator Berpikir Sistem	178
Gambar 5.4	Bagian Fitur Pada E-Modul yang Memfasilitasi Indikator Kemampuan Mengenali dan Memahami Hubungan	180
Gambar 5.5	Cuplikan Jawaban Peserta Didik Pada Indikator Mengenali Dan Memahami Hubungan	182
Gambar 5.6	Bagian Fitur pada E-Modul Bermuatan ESD yang Memfasilitasi Indikator Menganalisis Sistem yang Kompleks	186
Gambar 5.7	Jawaban Peserta Didik untuk Melatih Indikator Menganalisis Sistem yang Kompleks	189
Gambar 5.8	Bagian Fitur pada E-Modul Bermuatan ESD yang Memfasilitasi Indikator Kemampuan Memahami Cara Sistem Tertanam Dalam Domain Dan Skala Berbeda	191
Gambar 5.9	Jawaban Peserta Didik untuk Melatih Indikator Kemampuan Memahami Cara Sistem Tertanam dalam Domain	

dan Skala Berbeda	194
Gambar 5.10 Bagian Fitur pada E-Modul Bermuatan ESD yang Memfasilitasi Kemampuan Menghadapi Ketidakpastian	197
Gambar 5.11 Jawaban Peserta Didik Untuk Melatih Indikator Menghadapi Ketidakpastian	197
Gambar 5.12 Bagian Fitur Pada E-Modul Memfasilitasi Kesadaran Berkelanjutan	202
Gambar 5.13 Grafik Selisih Skor Kesadaran Berkelanjutan Pada Kelas Eksperimen dan Kontrol	206
Gambar 5.14 Bagian Fitur Pada E-Modul yang Melatih Indikator Pengetahuan Berkelanjutan	208
Gambar 5.15 Jawaban Peserta Didik Pada Indikator Pengetahuan Berkelanjutan	209
Gambar 5.16 Bagian Fitur Pada E-Modul Bermuatan ESD yang melatih Indikator Sikap Berkelanjutan	212
Gambar 5.17 Jawaban Peserta Didik Pada Fitur Refleksi Keberlanjutan Untuk Melatih Sikap Berkelanjutan	214
Gambar 5.18 Bagian Fitur pada E-Modul Bermuatan ESD untuk Melatih Indikator Perilaku Berkelanjutan.....	217
Gambar 5.19 Contoh Kegiatan Peserta Didik Pada Jurnal Aksi Keberlanjutan	218
Gambar 5.20 Bagian Fitur Pada E-Modul Bermuatan ESD untuk Melatih Indikator Perilaku Berkelanjutan	220
Gambar 5.21 Contoh- contoh Kegiatan yang Mendukung Keberlanjutan Pada E-Modul Bermuatan ESD	221
Gambar 5.22 Persentase Respons Peserta Didik Terhadap Pembelajaran Menggunakan E-Modul Bermuatan ESD	223

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Transkrip Wawancara	247
Lampiran 2.	<i>Open Koding</i>	251
Lampiran 3.	<i>Selective Koding</i> dan <i>Axial Koding</i>	359
Lampiran 4.	Transkrip Wawancara dan Analisis Wawancara Guru.....	366
Lampiran 5.	Data Dari Media Masa.....	381
Lampiran 6.	Hasil Validasi Dosen Ahli dan Guru Terhadap E-Modul	383
Lampiran 7.	Soal Tes Rumpang (<i>Cloze Test</i>).....	394
Lampiran 8.	Rekapitulasi Hasil Uji Keterbacaan E-Modul Bermuatan ESD	396
Lampiran 9.	Angket Respons Uji Coba Penggunaan E-Modul	397
Lampiran 10.	Rekapitulasi Skor Uji Coba Terbatas E-Modul Bermuatan ESD	399
Lampiran 11.	Hasil Uji Coba Instrumen Soal Kompetensi Berpikir Sistem	400
Lampiran 12.	Instrumen Soal Berpikir Sistem dan Rubrik Penilaian.....	403
Lampiran 13.	Hasil Uji Coba Instrumen Angket Kesadaran Berkelanjutan	411
Lampiran 14.	Lembar Instrumen Angket Kesadaran Berkelanjutan.....	413
Lampiran 15.	Instrumen Tanggapan Peserta Didik Terhadap Pembelajaran	416
Lampiran 16.	Data <i>Pretest</i> Kompetensi Berpikir Sistem Kelas Eksperimen.....	419
Lampiran 17.	Data <i>Posttest</i> Kompetensi Berpikir Sistem Kelas Eksperimen	420
Lampiran 18.	Data <i>Pretest</i> Kompetensi Berpikir Sistem Kelas Kontrol	421
Lampiran 19.	Data <i>Posttest</i> Kompetensi Berpikir Sistem Kelas Kontrol.....	422
Lampiran 20.	Hasil N-Gain Kompetensi Berpikir Sistem Kelas Eksperimen.....	423
Lampiran 21.	Hasil N-Gain Kompetensi Berpikir Sistem Kelas Kontrol.....	424
Lampiran 22.	Hasil N-Gain Pada Setiap Indikator Kompetensi Berpikir Sistem Kelas Eksperimen.....	425
Lampiran 23.	Hasil N-Gain Pada Setiap Indikator Kompetensi Berpikir Sistem Kelas Kontrol	426
Lampiran 24.	Data <i>Pretest</i> Kesadaran Berkelanjutan Kelas Eksperimen.....	430
Lampiran 25.	Data <i>Posttest</i> Kesadaran Berkelanjutan Kelas Eksperimen	431
Lampiran 26.	Data <i>Pretest</i> Kesadaran Berkelanjutan Kelas Kontrol	432
Lampiran 27.	Data <i>Posttest</i> Kesadaran Berkelanjutan Kelas Kontrol.....	433
Lampiran 28.	Hasil N-Gain Kesadaran Berkelanjutan Kelas Eksperimen	434
Lampiran 29.	Hasil N-Gain Indikator Pengetahuan Berkelanjutan Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	435
Lampiran 30.	Hasil N-Gain Indikator Sikap Berkelanjutan Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	437
Lampiran 31.	Hasil N-Gain Indikator Perilaku Berkelanjutan Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	439
Lampiran 32.	Respons Peserta Didik Terhadap Penggunaan E-modul Bermuatan ESD	441
Lampiran 33.	Matriks Penyusunan E-Modul.....	442
Lampiran 34.	Hasil Uji Statistik Berpikir Sistem dan Kesadaran Berkelanjutan.....	449
Lampiran 35.	Dokumentasi kegiatan	468

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin Z, M. S., Mokhtar, M., & Arsat, M. (2023). Education for sustainable development from the lenses of Malaysian school leaders: a preliminary study. *Asian Education and Development Studies*, 12(2–3), 150–165. <https://doi.org/10.1108/AEDS-01-2023-0011>.
- Achyani, A. (2010). Meningkatkan Kepedulian Siswa Terhadap Lingkungan Ekosistem Persawahan Dengan Model Penulisan Buku Ajar Biologi Sma Berwawasan Lokal Dan Ekologi. *BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 1(2). <https://doi.org/10.24127/bioedukasi.v1i2.192>
- Adeyanju, E., & Okeke, C. A. (2019). Exposure effect to cement dust pollution: a mini review. *SN Applied Sciences*, 1(12), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1583-0>
- Afian, T., & Sahratullah, S. (2023). Development of Biology E-Module Based on Integrated Inclusion of Pancasila Student Profiles. *Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa*, 9(12), 11024–11028. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i12.5598>
- Ahmad, N., Toro-Troconis, M., Ibahrine, M., Armour, R., Tait, V., Reedy, K., Malevicius, R., Dale, V., Tasler, N., & Inzolia, Y. (2023). CoDesignS Education for Sustainable Development: A Framework for Embedding Education for Sustainable Development in Curriculum Design. *Sustainability*, 15(23), 16460. <https://doi.org/10.3390/su152316460>
- Alford, K. R., Stedman, N. L. P., Bunch, J., Baker, S., & Roberts, T. G. (2025). Real-World Experiences in Higher Education: Contributing to the Developing a Systems Thinking Paradigm. *Journal of Experiential Education*, 48(1), 169–188. <https://doi.org/10.1177/10538259241259626>
- Ali, M. E. A. M., Bashir Mohamed Elhassan, Mutaman Ali A Kehail, & Abdelaal Ali Hammad Ali. (2021). Assessment of environmental impacts of Rabak cement factory on vegetation and soil by cement dust. *International Journal of Science and Research Archive*, 3(2), 053–058. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2021.3.2.0136>
- Amini, T. Q. (2021). *Pengaruh Model Pembelajaran PBL Dengan Pendekatan ESD Terhadap Kesadaran Keberlanjutan Siswa Pada Topik Penjernihan Air Dengan Koagulan Alami*. https://repository.upi.edu/80676/6/S_KIM_1807442_Chapter5.pdf
- Amprasto, Nuryani Y. Rustaman, Surtikanti, H. K., & Saefudin, D. (2012). Pengembangan Model Asesmen Pada Kegiatan Field Trip Mata Kuliah Ekologi Umum Berbasis Inkuiri Untuk Meningkatkan Kemampuan Mahasiswa Calon Guru Biologi. *Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA*, 17(2), 200–2008.
- Andaresta, N. (2021). Pengembangan E-Book Berbasis STEM Pada Materi Ekosistem Untuk Melatihkan Kemampuan Literasi Sains Siswa [Development of STEM-Based E-Books on Ecosystem Materials to Practice Students' Scientific Literacy Skills]. *BioEdu*, 10(1), 635–646.
- Andhany, E., & Maysarah, S. (2023). PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN DIGITAL INTERAKTIF BERBASIS LITERASI MATEMATIKA. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 12(3), 3503–3515.
- Anita., Agustina, R., & ES., R. Y. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Peserta

- Didik (LKPD) Berbasis Inkuiri Terbimbing Berbantu Alat Peraga Pada Materi Peluang. *EMTEKA: Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(1), 98–108.
- Anwar, Y., Widodo, A., Alfatih, Z., Kartika, D., Ariska, M., & Yusliani, N. (2025). Technological Pedagogical Content Knowledge In Biology Educations : Assesing Teachers' Readiness. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 14(3), 430–442. <https://doi.org/10.15294/jpii.v14i3.22908>
- Ardyati, Dyah Pramesthi Isyana, La Aba2, Safitri Indah Sari, Y. (2025). Analisis Tingkat Keterbacaan Modul Ajar Fase E Keanekaragaman Hayati di Zona Intertidal. *Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(3), 1362–1371.
- Arikunto S. (2016). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta.
- Armalid, I. I., Humairo, M. V., & Dwifandra, R. (2025). Enhancing Pro-environmental Behavior Through Participatory Action Research: A Community-based Waste Management Intervention. *The International Conference Of Psychology*, 282–295. <https://doi.org/10.18502/kss.v10i25.19908>
- Arnold, R. D., & Wade, J. P. (2015). A definition of systems thinking: A systems approach. *Procedia Computer Science*, 44(C), 669–678. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.03.050>
- Assaraf, O. B. Z., & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518–560. <https://doi.org/10.1002/tea.20061>
- Badan Standar, Kurikulum, dan A. P. (2022). *Dimensi, Elemen, dan Subelemen Profil Pelajar Pancasila pada Kurikulum Merdeka*.
- Badan Standar Kurikulum dan Asesmen Pendidikan. (2024). SK BSKAP 032/H/KR/2024 Tentang Capaian Pembelajaran Pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah Pada Kurikulum Merdeka. In *Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan* (Issue 021). https://kurikulum.kemdikbud.go.id/file/1718471412_manage_file.pdf
- Baharuddin, R. (2025). *Pembelajaran Ekosistem Melalui Sistem Permakultur Berbantuan Eco-Gamification Sebagai Upaya Untuk Meningkatkan Kompetensi Berpikir Sistem Dan Kolaborasi Peserta Didik*. https://repository.upi.edu/view/creators/Rahmat_Baharuddin=3A-=3A=3A.html
- Balontia, M. (2024). Developing Ethical Awareness Towards a Sustainable Ecosystem Through Character Education in Higher Education. *TOFEDU: The Future of Education Journal*, 3(4), 1005–1014. <https://doi.org/10.61445/tofedu.v3i4.174>
- Bărbulescu, A., & Hosen, K. (2025). Cement Industry Pollution and Its Impact on the Environment and Population Health: A Review. *Toxics*, 13(7), 1–24. <https://doi.org/10.3390/toxics13070587>
- Bariroh, G. (2025). *Pengaruh Pembelajaran Berbasis Proyek Fitoremediasi Terhadap Kompetensi Berpikir sistem Dan Keterampilan Riset Peserta Didik Sebagai Upaya Pencapaian SDG Ke-6*. <https://repository.upi.edu/136233/>
- Bascope, 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 (Switzerland)*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/su11030719>
- Bayu, S. P. E., Fauzan, A., & Armianti. (2022). The Development of Teacher and

- Student's Book Based on Realistic Mathematics Education in Statistics for A package Program. *European Journal of Educational Research*, 12(1), 119–131.
- Beasy, K., Richey, S., Brandsema, J., & To, V. (2024). Embedding Sustainability across a Teacher Education Course: Teacher Educator Experiences. *Australian Journal of Environmental Education*, 722–739. <https://doi.org/10.1017/aee.2024.36>
- Behl, D. V., & Ferreira, S. (2014). Systems thinking: An analysis of key factors and relationships. *Procedia Computer Science*, 36(C), 104–109. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.09.045>
- Ben-Zvi-Assaraf, O., & Orion, N. (2010). Four case studies, six years later: Developing system thinking skills in junior high school and sustaining them over time. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(10), 1253–1280. <https://doi.org/10.1002/tea.20383>
- Berglund, T., Gericke, N., & Chang Rundgren, S. N. (2014). The implementation of education for sustainable development in Sweden: investigating the sustainability consciousness among upper secondary students. *Research in Science and Technological Education*, 32(3), 318–339. <https://doi.org/10.1080/02635143.2014.944493>
- Bespalyy, S., Alnazarova, G., Nunzio, V., & Pavel, S. (2024). Discover Sustainability Sustainable development awareness and integration in higher education : a comparative analysis of universities in Central Asia , South Caucasus and the EU. *Discover Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00562-2>
- Beveridge, D., McKenzie, M., Aikens, K., & Strobbe, K. (2019). A National Census of Sustainability in K-12 Education Policy: Implications for International Monitoring, Evaluation, and Research. *Canadian Journal of Educational Administration and Policy*, 188, 36–52.
- Bielik, T., Krell, M., Zangori, L., & Ben Zvi Assaraf, O. (2023). Editorial: Investigating complex phenomena: bridging between systems thinking and modeling in science education. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1308241>
- Bleier, M. (2023). Beyond neat classifications : A case for the in - between. *Cultural Studies of Science Education*, 18(2), 483–497. <https://doi.org/10.1007/s11422-023-10184-1>
- Boeve-de Pauw, J., Olsson, D., Berglund, T., & Gericke, N. (2022). Teachers' ESD self-efficacy and practices: a longitudinal study on the impact of teacher professional development. *Environmental Education Research*, 28(6), 867–885. <https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2042206>
- Boiral, O., Heras-Saizarbitoria, I., & Brotherton, M. C. (2019). Corporate sustainability and indigenous community engagement in the extractive industry. *Journal of Cleaner Production*, 235, 701–711. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.311>
- Bozkurt, N. O., & Bozkurt, E. (2024). Systems Thinking in Education: A Bibliometric Analysis. *Egitim ve Bilim*, 49(218), 205–231. <https://doi.org/10.15390/EB.2024.12634>
- Budiarti, A. N. S. L., Hernani, H., & Amprasto, A. (2022). Teaching Students about Education for Sustainable Development through E-module of Indonesian

- Traditional Fermented Food. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 23(2), 540–553. <https://doi.org/10.23960/jpmipa/v23i2.pp540-553>
- Budiarti, L. S. N. A. (2022). Pengembangan E-Modul Bermuatan Education For Sustainable Development (ESD) Tema Makanan Fermentasi Tradisional Indonesia untuk Membangun Keterampilan Berpikir Kreatif Dan Kesadaran Berkelanjutan [Universitas Pendidikan Indonesia]. In *7887* (Issue 8.5.2017). <http://repository.upi.edu/78283/>
- Cabrera, D., & Cabrera, L. (2023). Developing Personal Mastery in Systems Thinking. *Journal of Systems Thinking*, 3(1), 1–39. <https://doi.org/10.54120/jost.0000043>
- Cagno, E., Neri, A., Howard, M., Brenna, G., & Trianni, A. (2019). Industrial sustainability performance measurement systems: A novel framework. *Journal of Cleaner Production*, 230, 1354–1375. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.021>
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2010). *Biology Jilid 3*. Pearson Education.
- Castañó, C., Caballero, R., Noguera, J. C., Chen Austin, M., Bernal, B., Jaén-Ortega, A. A., & Ortega-Del-Rosario, M. D. L. A. (2025). Developing Sustainability Competencies Through Active Learning Strategies Across School and University Settings. *Sustainability*, 17(19), 8886.
- Chaidir, M., Andini, S., Harahap, U. H. S., & Nasution, A. F. (2024). Peran dan Proses Berfikir Sistem dalam Konteks Pendidikan. *Student Research Journal*, 2(6), 84–92. <https://doi.org/10.55606/srj-yappi.v2i6.1629>
- Ciptaningtyas, W., Mukmin, B. A., & Putri, K. E. (2022). E-Book Interaktif Berbasis Canva Sebagai Inovasi Sumber Belajar Materi Sistem Pencernaan Manusia Kelas V SD. *Jurnal Pemikiran Dan Pengembangan Sekolah Dasar (JP2SD)*, 10(2), 160–174. <https://doi.org/10.22219/jp2sd.v10i2.21788>
- Clark, S., Petersen, J. E., Frantz, C. M., Roose, D., Ginn, J., & Daneri, D. R. (2017). Teaching systems thinking to 4th and 5th graders using Environmental Dashboard display technology. *PLoS ONE*, 12(4), 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176322>
- Creswell, J. W., & G. (2019). *Educational Research : Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*.
- Demssie, Y. N., Biemans, H. J. A., Wesselink, R., & Mulder, M. (2023). Fostering students' systems thinking competence for sustainability by using multiple real-world learning approaches. *Environmental Education Research*, 29(2), 261–286. <https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2141692>
- Diana, M. N., & Wiyatmo, Y. (2023). Keefektifan Pembelajaran Fisika Berbasis Flippedlearning Menggunakan Edmodo Ditinjau Dari Peningkatan Hasil Belajar Aspek Kognitif Dan Kemandirian Belajar Peserta Didik Sma Muhammadiyah 1 Yogyakarta. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(2), 1–10. <https://doi.org/10.21831/jpf.v10i2.11096>
- Dismarianti, I., Anggun, D. P., Riswanda, J., Maretha, D. E., & Ulfa, K. (2020). Pengembangan media pembelajaran biologi Berbasis modul elektronik (E-Modul) pada materi struktur dan fungsi tumbuhan kelas VIII SMP/MTS. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi 2020*, 110–119.
- Dmitrieva, I. A., & Yulmetova, R. F. (2021). Ecosystem approach and innovative educational ecosystems. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 864(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/864/1/012002>

- do Amaral, J. A. A., & Fregni, F. (2021). Fostering system thinking learning by combining problem-based learning and simulation-based learning approaches. *International Journal of Instruction*, 14(3), 1–16. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.1431a>
- Dominici, P. (2023). Sustainability Is Social Complexity : Re-Imagining Education toward a Culture of Unpredictability. *Sustainability Essay*, 15(16719).
- Dozier, S. J., Macpherson, A., Morell, L., Gochyyev, P., & Wilson, M. (2023). A Learning Progression for Understanding Interdependent Relationships in Ecosystems. *Sustainability Article*, 15(14212). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su151914212> Academic
- Effendi, Q. N. A., Listiawati, M., & Yusup, I. R. (2023). Keterampilan Berpikir Sistem Menggunakan Model Discovery Learning Pada Materi Sistem Gerak Manusia. *Bioedutech: Jurnal Biologi, Pendidikan Biologi, Dan Teknologi Kesehatan*, 2(2), 11–20. <https://jurnal.anfa.co.id/index.php/biologi/article/view/1363>
- Ekselsa, R. A., Purwianingsih, W., Anggraeni, S., & Wicaksono, A. G. C. (2023). Developing System Thinking Skills Through Project-Based Learning Loaded With Education for Sustainable Development. *Jpbi (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 9(1), 62–73. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v9i1.24261>
- Eliyawati., Widodo, A., Kaniawati, I., & Fujii, H. (2023). *Penerapan ESD Dalam Pembelajaran IPA* (Muhammad Rahmatullah Islamy (ed.)). UPI PRESS.
- Ezimah, M.O.A. (2021). The Imperatives of Environmental Education for Sustainable Development. *Journal of Advances in Education and Philosophy*, 5(4), 98–102. <https://doi.org/10.36348/jaep.2021.v05i04.002>
- Fadhilah, N., & Yerimadesi. (2025). Validitas Dan Praktikalitas E-Modul Interaktif Asam Basa Berbasis Guided Discovery Learning Untuk Fase F SMA. *SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(2), 918–927.
- Fatimah, H., & Bramastia, B. (2021). Literatur Review Pengembangan Media Pembelajaran Sains. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 10(2), 125. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v10i2.57255>
- Fatimah, K., Viono, T., & Ambarwati, A. (2023). Development of Interactive E-Modules Based on Gamification in Fable text Learning. *Diglosia: Jurnal Kajian Bahasa, Sastra, Dan Pengajarannya*, 6(4), 945–958.
- Fauzi, R., & Nugraha, A. (2022). E-Modul Berbasis Education for Sustainable Development Topik Hidroponik Untuk Siswa Sekolah Dasar. *PEDADIDAKTIKA: Jurnal Ilmiah Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 9(4), 661–672. <https://doi.org/10.17509/pedadidaktika.v9i4.54034>
- Feriver, Ş., Olgan, R., Teksöz, G., & Barth, M. (2019). Systems thinking skills of preschool children in early childhood education contexts from Turkey and Germany. *Sustainability (Switzerland)*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/SU11051478>
- Filho, W. L., & Tortato, U. (2020). *Universities and Sustainable Communities: Meeting the Goals of the Agenda 2030* (F. Frankenberger (ed.); World Sust). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-30306-8>
- Gericke, N., Boeve-de Pauw, J., Berglund, T., & Olsson, D. (2018). The Sustainability Consciousness Questionnaire: The theoretical development and empirical validation of an evaluation instrument for stakeholders working with sustainable development. *Sustainable Development*, 27(1), 35–49.

- <https://doi.org/10.1002/sd.1859>
- Gilissen, M. G. R., Knippels, M. C. P. J., & van Joolingen, W. R. (2020). Bringing systems thinking into the classroom. *International Journal of Science Education*, 42(8), 1253–1280. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1755741>
- Gilissen, M. G. R., Knippels, M. C. P. J., Verhoeff, R. P., & van Joolingen, W. R. (2020). Teachers' and educators' perspectives on systems thinking and its implementation in Dutch biology education. *Journal of Biological Education*, 54(5), 485–496. <https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1609564>
- Gill, T., & McCollum, B. (2024). Identifying, Rating, and Categorizing Elements of Systems Thinking in Chemistry Education. *Journal of Chemical Education*, 101(8), 2976–2988. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c01070>
- Goode, G. S., & Macgillivray, L. (2023). The construction of systems thinking pedagogy during a professional development institute. *Journal of Pedagogical Research*, 7(4), 275–302. <https://doi.org/10.33902/JPR.202318879>
- Green, C., Molloy, O., & Duggan, J. (2022). An empirical study of the impact of systems thinking and simulation on sustainability education. *Sustainability (Switzerland)*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/su14010394>
- Greenpeace. (2020). Tantangan kita bersama di tahun 2020. In *Greenpeace Indonesia* (p. 1). <https://www.greenpeace.org/indonesia/cerita/4544/tantangan-kita-bersama-di-tahun-2020/>
- Gunansyah, G., Zuhdi, U., Suprayitno, S., & Aisy, M. R. (2021). Sustainable Development Education Practices in Elementary Schools. *Journal of Education and Learning (Edulearn)*, 15(2), 178–187. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v15i2.17091>
- Hajj-Hassan, M., Chaker, R., & Cederqvist, A. M. (2024). Environmental Education: A Systematic Review on the Use of Digital Tools for Fostering Sustainability Awareness. *Sustainability (Switzerland)*, 16(9), 1–25. <https://doi.org/10.3390/su16093733>
- Haka, N. B., Putra, F. G., Biologi, P., Raden, U. I. N., & Lampung, I. (2021). E-Modul Ekosistem Kearifan Lokal Lampung Barat Berbasis Contextual Teaching And Learning Pada Kelas X SMA. *Journal of Biology Education*, 4(2), 127–137.
- Hake, R. R. (2002). Relationship of individual student normalized learning gains in mechanics with gender, high-school physics, and pretest scores on Mathematics and Spatial Visualization. *Physics Education Research Conference*, 8(August 2002), 1–14. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=10EI2q8AAAAJ&citation_for_view=10EI2q8AAAAJ:IjCSPb-OGc4C
- Hanifah, W. (2025). *E-Modul Berbasis Education For Sustainable Development (ESD) Pada Tema Energi Rendah Karbon Untuk Meningkatkan Literasi Sains Dan Kesadaran Keberlanjutan Siswa*. https://repository.upi.edu/136030/9/T_IPA_2208387_Title.pdf
- Hanifha, S., Erna, M., Noer, A. M., & Talib, C. A. (2023). Socioscientific Issue-Based Undergraduate Student Worksheets on Scientific Literacy and Environmental Awareness. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(4), 504–513. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i4.45817>

- Harangozo, G., Csutora, M., & Kocsis, T. (2018). How big is big enough? Toward a sustainable future by examining alternatives to the conventional economic growth paradigm. *Sustainable Development*, 26(2), 172–181. <https://doi.org/10.1002/sd.1728>
- Hartadiyati, E., Haryanti, W., Wiyanto, W., Rusilowati, A., & Ngabekti, S. (2022). Profil Kesadaran Sustainability Akibat Praktik Pembelajaran Bermuatan Sustainability pada Mahasiswa Calon Guru Biologi. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana Universitas Negeri Semarang*, 347–353. <http://pps.unnes.ac.id/pps2/prodi/prosiding-pascasarjana-unnes>
- Hasanah, M., Supeno, & Wahyuni, D. (2023). Pengembangan E-Modul Berbasis Flip Pdf Professional untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa pada Pembelajaran IPA Universitas Jember mengutamakan peningkatan kekuatan otak kiri atau intelektualitas daripada otak kanan atau. *Tarbiyah Wa Ta'lim: Jurnal Penelitian Pendidikan Dan Pembelajaran*, 10(1), 44–58.
- Heliza, A. (2022). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Biologi Berbasis Sains Teknologi Masyarakat Dan Lingkungan Kelas X SMA. *BioEdu*, 11(1), 206–217.
- Hemphill, M. ., & Richards, K. A. . (2018). A practical guide to collaborative qualitative data analysis. *Journal of Teaching in Physical Education*, 37(2), 225–231.
- Hennink, M., & Weber, M. B. (2013). Quality issues of court reporters and transcriptionists for qualitative research. *Qualitative Health Research*, 23(5), 700–710. <https://doi.org/10.1177/1049732313481502>
- Huang, R. X., Pagano, A., & Marengo, A. (2024). Values-Based Education for Sustainable Development (VbESD): Introducing a Pedagogical Framework for Education for Sustainable Development (ESD) Using a Values-Based Education (VbE) Approach. *Sustainability (Switzerland)* , 16(9). <https://doi.org/10.3390/su16093562>
- Ignacio, J. T. S. ., Gonzales, C. K. G., & Chua, Q. L. (2023). A systems thinking approach to e-learning on climate change: capacity-building for junior high school teachers in the Philippines. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-02-2023-0022>
- Imam, M., Zaini, M., & Suyidno. (2024). Analisis Validitas dan Daya Tarik E-Modul Biologi Untuk Melatihkan Kemampuan Berpikir Kritis. *Jurnal Penelitian Sains Dan Pendidikan*, 4(1), 70–83.
- Indriyati, Sri, Kuntoro, dkk. (2024). Pengembangan Bahan Ajar Menulis Teks Prosedur Berbasis Kearifan Lokal Dengan pendekatan Science, Teknologi, Engineering, Art, And Mathematics (STEAM) Pada Kelas VII MTs. *Jurnal P4I*, 4(3), 767–783.
- Johariah, Jalmo, T., & Lengkana, D. (2023). Pengembangan Instrumen Penilaian Untuk Mengukur Kemampuan Berpikir Sistem Siswa SMP Pada Materi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Mandala*, 8(1), 374–382.
- Junianto, I., Sunardi, & Sumiarsa, D. (2023). The Possibility of Achieving Zero CO2 Emission in the Indonesian Cement Industry by 2050: A Stakeholder System Dynamic Perspective. *Sustainability (Switzerland)*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/su15076085>
- Karaarslan Semiz, G., & Teksöz, G. (2020). Developing the systems thinking skills

- of pre-service science teachers through an outdoor ESD course. *Journal of Adventure Education and Outdoor Learning*, 20(4), 337–356. <https://doi.org/10.1080/14729679.2019.1686038>
- Kasule, D. (2011). Textbook readability and ESL learners. *Reading & Writing*, 2(1), 63–76. <https://doi.org/10.4102/rw.v2i1.13>
- Kemendikbud, P. P. K. P. dan K. B. (2017). Kelengkapan dan kelayakan buku teks kurikulum 2013 serta kebijakan penumbuhan minat baca siswa. *Pusat Penelitian Kebijakan Pendidikan Dan Kebudayaan*, 2.
- Keynan, A., Ben-Zvi Assaraf, O., & Goldman, D. (2014). The repertory grid as a tool for evaluating the development of students' ecological system thinking abilities. *Studies in Educational Evaluation*, 41(February), 90–105. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2013.09.012>
- Khairati, I., Lufri, L., & Fadilah, M. (2025). Empirical evidence of students' systems thinking skills in ESD-oriented: A Rasch analysis approach. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 11(1), 438–449. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v11i1.40003>
- Kidman, G., Chang, C. H., & Wi, A. (2019). Defining education for sustainability (Efs): A theoretical framework. *Issues in Teaching and Learning of Education for Sustainability: Theory into Practice*, 1–13. <https://doi.org/10.4324/9780429450433-1>
- Kioui, V., & Voulvoulis, N. (2019). Education for Sustainable Development: A Systemic Framework for Connecting the SDGs to Educational Outcomes. *Sustainability*, 11(21), 6104. <https://doi.org/10.3390/su11216104>
- Kirk, E., Lesniewsky, R., & Sadler, T. D. (2023). Exploring system dynamics of complex societal issues through socio-scientific models. *Frontiers in Education*, September. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1219224>
- Kohl, K., Hopkins, C., Barth, M., Michelsen, G., Dlouhá, J., Razak, D. A., Abidin Bin Sanusi, Z., & Toman, I. (2022). A whole-institution approach towards sustainability: a crucial aspect of higher education's individual and collective engagement with the SDGs and beyond. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 23(2), 218–236. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-10-2020-0398>
- Kordova, S. (2020). Developing systems thinking in a Project-Based Learning environment. *International Journal of Engineering Education*, 2(1), 63–81. <https://doi.org/10.14710/ijee.2.1.63-81>
- Kosasih. (2020). *Pengembangan Bahan Ajar*. Bumi Aksara. [https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=UZ9OEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Kosasih,+E.+\(2020\).+Pengembangan+Bahan+Ajar.+Orang:+Bumi+Aksara&ots=Wq3CPtV2jA&sig=oLPFV-qwhmoOB7DiuEIxN0W7rJk&redir_esc=y#v=onepage&q=Kosasih%2C E. \(2020\). Pengembangan Bahan Aja](https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=UZ9OEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Kosasih,+E.+(2020).+Pengembangan+Bahan+Ajar.+Orang:+Bumi+Aksara&ots=Wq3CPtV2jA&sig=oLPFV-qwhmoOB7DiuEIxN0W7rJk&redir_esc=y#v=onepage&q=Kosasih%2C%20E.+(2020).+Pengembangan+Bahan+Aja)
- Krisdianti, R. N., Puspaningsih, R. A., & Tjahjarmawan, E. (2023). *Panduan Guru Ilmu Pengetahuan Alam*. Alfabeta.
- Kusumawati, P. R. D., Aristiyanto, R., & Muflikhah, I. K. (2023). Pengembangan E-Modul Berbasis Pendidikan Lingkungan Berkelanjutan Dalam Pembelajaran Ipa. *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 13(2), 149–155. <https://doi.org/10.24929/lensa.v13i2.366>
- Lankers, A., Timm, J., & Schmiemann, P. (2023). Students' systems thinking while

- modeling a dynamic ecological system. *Frontiers in Education*, 8(July). <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1187237>
- Lazarus, M. D., & Funtowicz, S. (2023). Learning together : facing the challenges of sustainability transitions by engaging uncertainty tolerance and post - normal science. *Sustainable Earth Reviews*. <https://doi.org/10.1186/s42055-023-00066-3>
- Liana, M., & Emmiliannur, E. (2023). Physics Workbook on Simple Harmonic Motion: Student Perception. *BIO Web of Conferences*, 79. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237902006>
- Linda, R., Mas'Ud, Zulfarina, & Putra, T. P. (2021). Interactive E-module of integrated science with connected type as learning supplement on energy topic. *Journal of Physics: Conference Series*, 2049(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2049/1/012022>
- Maconachie, R., & Hilson, G. (2013). Editorial introduction: The extractive industries, community development and livelihood change in developing countries. *Community Development Journal*, 48(3), 347–359. <https://doi.org/10.1093/cdj/bst018>
- Mahrawi, M., Usman, U., & Setiani, A. R. (2021). Pengembangan E-Modul Biologi sebagai Bahan Ajar pada Materi Sel. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Science Education*, 2(2), 96–104. <https://doi.org/10.35719/mass.v2i2.69>
- Manolis, E. N., & Manoli, E. N. (2021). Raising awareness of the Sustainable Development Goals through Ecological Projects in Higher Education. *Journal of Cleaner Production*, 279. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123614>
- Mardiyah, F. H., Purwianingsih, W., & Solihat, R. (2022). Penggunaan Modul Elektronik Berbasis Isu Sosiosaintifik untuk Meningkatkan Persepsi Siswa tentang Bioteknologi. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(1), 510. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i1.5402>
- Martiana, A., Badriah, L., & Triyanto, S. A. (2025). Profil Sikap Peduli Lingkungan Peserta Didik Kelas XI SMA di Kota Tasikmalaya. *Biositesa*, 1(24).
- Michael, F. L., Sumilan, H., Bandar, N. A., Hamidai, H. A. N. A., Jonathan, V., & Nor, N. N. M. (2020). Sustainable Development Concept Awareness Among Students in Higher Education: a Preliminary Study. *Journal of Sustainability Science and Management*, 15(7), 113–122. <https://doi.org/10.46754/jssm.2020.10.011>
- Miller, A. N., Kordova, S., Grinshpoun, T., & Shoval, S. (2023). To be or not to be a systems thinker: Do professional characteristics influence how students acquire systems-thinking skills? *Frontiers in Education*, 8(February), 1–11. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1026488>
- Mohamed, B. H., Disli, M., Al-Sada, M. B. S., & Koç, M. (2022). Investigation on Human Development Needs, Challenges, and Drivers for Transition to Sustainable Development: The Case of Qatar. *Sustainability (Switzerland)*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/su14063705>
- Molokova, E. (2021). Higher Education as a Sustainable Development Tool. *E3s Web of Conferences*, 291, 5040. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202129105040>
- Morse, J. M. (1999). Qualitative methods: The state of the art. *Qualitative Health Research*, 9(3), 393–406. <https://doi.org/10.1177/104973299129121938>

- Muliana, G. (2024). Analisis Penggunaan E-Modul Pada Mata Kuliah Ekologi. *Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 4(4), 375–381.
- Musakkir, H., Natsir, L. A. T., Halifah, S., & Nurul, S. (2025). Pengembangan Modul Ajar P5 Berbasis Pemanfaatan Lingkungan Di TK Negeri Pembina Batulapa. *SOCIAL: Jurnal Inovasi Pendidikan IPS*, 5(3), 971–982.
- Mutiara Hasanah, S., Rahayu, S., Sulistina, O., & Mariya Sulfa, D. (2024). High School Students' Understanding Level of the Sustainability Consciousness of Development Goals: A Survey High School Students' Understanding Level of the Sustainability Consciousness of Development Goals: A Survey a. *Sustainability Education*, 1(1), 470–489. <https://www.researchgate.net/publication/390247982>
- Mutmainnah., Aunurrahman., Warneri. (2021). Efektivitas Penggunaan E-Modul Terhadap Hasil Belajar Kognitif Pada Materi Sistem Pencernaan Manusia di Madrasah Tsanawiyah. *JURNALBASICEDU*, 5(3), 1625–1631.
- Nasrulloh, S. Q., Prihantini, R., & Irianto, S. (2023). Pbl Berdiferensiasi Sebagai Upaya Peningkatan Kemampuan Berfikir Kritis Dan Penyelesaian Masalah Pada Pembelajaran Biologi. *Khazanah Pendidikan*, 17(2), 346. <https://doi.org/10.30595/jkp.v17i2.17915>
- Nguyen, T. P. (2019). Reviewing Vietnam geography textbooks from an ESD perspective. *Sustainability (Switzerland)*, 11(9), 8–10. <https://doi.org/10.3390/su11092466>
- Niang, M., Gagnon, M. P., & Dupéré, S. (2023). Using systems thinking to understand the scale-up and sustainability of health innovation: a case study of seasonal malaria chemoprevention processes in Burkina Faso. *BMC Public Health*, 23(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-16729-x>
- Nida, S., Pratiwi, N., & Eilks, I. (2021). *A Case Study on the Use of Contexts and Socio-Scientific Issues-Based Science Education by Pre-service Junior High School Science Teachers in Indonesia During Their Final Year Teaching Internship*. 5(January), 1–8. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.592870>
- Novianti, R., Suhendar, S., & Ratnasari, J. (2023). Pengembangan E-Module Berbasis Education for Sustainable Development untuk Melatihkan Kompetensi Berpikir Kritis pada Siswa. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(1), 639. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v11i1.7986>
- Nuraeni, R., Setiono, & Himatul, A. (2020). Profil Kemampuan Berpikir Sistem Siswa Kelas XI SMA pada Materi Sistem Pernapasan. *Pedagogi Hayati*, 4(1), 1–9. <https://doi.org/10.31629/ph.v4i1.2123>
- Nurfadilah, Z., & Rochintaniawati, D. (2021). Analisis Miskonsepsi Materi Ekosistem Pada Siswa Kelas X. *ISEJ: Indonesian Science Education Journal*, 2(3), 151–157. <https://www.siducat.org/index.php/isej/article/view/326>
- Nurianti, M., Ekaningtias, M., & Nurmiati. (2024). Pengembangan E-Modul Materi Sistem Imun Sebagai Bahan Ajar Biologi Siswa Kelas XI IPA Di SMAN 1 Pringgasela, Lombok Timur. *Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 2(2), 77–88. <https://doi.org/10.62588/otusedu.2024.v2i2.0146>
- Oe, H., Yamaoka, Y., & Ochiai, H. (2022). A Qualitative Assessment of Community Learning Initiatives for Environmental Awareness and Behaviour Change: Applying UNESCO Education for Sustainable Development(ESD) Framework. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph19063528>

- Oh, C. H., Shin, J., & Ho, S. S. H. (2023). Conflicts between mining companies and communities: Institutional environments and conflict resolution approaches. *Business Ethics, the Environment and Responsibility*, 32(2), 638–656. <https://doi.org/10.1111/beer.12522>
- Orgill, M. K., York, S., & Mackellar, J. (2019). Introduction to Systems Thinking for the Chemistry Education Community. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2720–2729. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00169>
- Pakniany, Y., & Patty, F. N. (2019). Conflict Accommodation Ideas Based on Custom Institutions Siram Sopi in Gold Mining Area of Romang Island, Indonesia. *Sodality: Jurnal Sosiologi Pedesaan*, 7(3), 224–235. <https://doi.org/10.22500/sodality.v7i3.27836>
- Parker, L. (2018). Environmentalism and education for sustainability in Indonesia. *Indonesia and the Malay World*, 46(136), 235–240. <https://doi.org/10.1080/13639811.2018.1519994>
- Paul, U., & Arup, B. (2018). Qualitative Research: Data Analysis. *Bengal Physician Journal*, 5(2), 18–19. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10070-5206>
- Pauw, J. B., Gericke, N., Olsson, D., & Berglund, T. (2015). The Effectiveness of Education for Sustainable Development. *Sustainability*, 7(11), 15693–15717. <https://doi.org/10.3390/su71115693>
- Permatasari, D., Nasra, M., Delfa, A., & Firdaus. (2022). Managing the Environmental and Societal Life as Part of the Cement-Padang Manufacturing's Contribution in West Sumatra amid the COVID-19 Pandemic. *E3S Web of Conferences*, 349. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202234913001>
- Prabawani, B., Hadi, S. P., Zen, I. S., Hapsari, N. R., & Ainuddin, I. (2022). Systems Thinking and Leadership of Teachers in Education for Sustainable Development: A Scale Development. *Sustainability*, 14(6), 3151. <https://doi.org/10.3390/su14063151>
- Pratiwi, Narendra, B. H., Siregar, C. A., Turjaman, M., Hidayat, A., Rachmat, H. H., Mulyanto, B., Suwardi, Iskandar, Maharani, R., Rayadin, Y., Prayudyaningsih, R., Yuwati, T. W., Prematuri, R., & Susilowati, A. (2021). Managing and reforesting degraded post-mining landscape in Indonesia: A review. *Land*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/land10060658>
- Purwanto, M. N. (2008). *Prinsip-Prinsip dan Teknik Evaluasi Pengajaran*. PT. Remaja Rosdakarya.
- Purwati, N., & Marniatun. (2023). Hubungan Antara Pengetahuan Tentang Ekosistem Dengan Sikap Peduli Lingkungan Pada Siswa SMA di Mataram. *Edustudent*, 2(4), 233–238. <https://doi.org/10.26858/edustudent.v2i4.47410>
- Purwianingsih, W., Novidsa, I., & Riandi, R. (2022). Program for Integrating Education for Sustainable Development (Esd) Into Prospective Biology Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge (Tpack). *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(2), 219–228. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i2.34772>
- Purwianingsih, W., Olsiara, L., & Sriyati, S. (2025). The Socio-scientific Issues in PjBL : Impact on Digital Literacy of Senior High School Students. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 11(1), 273–283. <https://doi.org/10.21831/jipi.v11i1.76924>
- Puspitasari, R., Hamdani, D., & Risdianto, E. (2020). Pengembangan E-Modul

- Berbasis Hots Berbantuan Flipbook Marker Sebagai Bahan Ajar Alternatif Siswa Sma. *Jurnal Kumparan Fisika*, 3(3), 247–254. <https://doi.org/10.33369/jkf.3.3.247-254>
- Putri, S. T., Fardhani*, I., Mulyati, Y., Kurniawan, B. R., & Putri, A. A. (2024). Developing Global Warming Module Based on Education for Sustainable Development to Increase Middle School Students' Understanding and Sustainability Awareness. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 12(2), 247–263. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v12i2.33679>
- Rachman, R. M., Arsyad, L. O. M. N., & Teno, R. (2024). Model Kajian Lingkungan Rencana Kegiatan Pertambangan Dan Pengolahan Batu Gamping Beserta Fasilitas Penunjangnya Di Kecamatan Tongkuno Kabupaten Muna. *Media Konstruksi*, 9(1), 21–34. <https://doi.org/10.33772/medkons.v9i1.5>
- Rachmatullah, A., & Wiebe, E. N. (2022). Building a computational model of food webs: Impacts on middle school students' computational and systems thinking skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(4), 585–618. <https://doi.org/10.1002/tea.21738>
- Radzi, Mohd Aziah, N., Saidi, N. A., Hasbollah, H. R., Hashim, H., & Abdullah, F. A. (2022). Revisiting a Study of Awareness and Perception Towards Sustainability. *Journal of Tourism, Hospitality and Environment Management*, 7(28), 102–118. <https://doi.org/10.35631/jthem.728008>
- Rahman, A., Wasistiono, S., Riyani, O., & Tahir, I. (2023). Peran Organisasi Masyarakat (Ormas) dan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) dalam Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia. *Ekonomis: Journal of Economics and Business*, 7(2), 1461. <https://doi.org/10.33087/ekonomis.v7i2.1492>
- Rahmatsyah, S. W., & Dwiningsih, K. (2021). Development of Interactive E-Module on The Periodic System Materials as an Online Learning Media. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(2), 255–261. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i2.582>
- Ratinen, I., & Linnanen, L. (2022). Exploring Systems Thinking Competence of Finns in Fostering Sustainable Transformation. *World*, 3(2), 287–298. <https://doi.org/10.3390/world3020015>
- Raved, L., & Yarden, A. (2014). Developing seventh grade students' systems thinking skills in the context of the human circulatory system. *Frontiers in Public Health*, 2(DEC), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00260>
- Razali, G., Fatmawati, S., Hidayat, R., & Farooq Mujahid, M. U. (2023). Psychological Factors Influencing Pro-Environmental Behavior in Urban Areas. *West Science Interdisciplinary Studies*, 1(07), 408–415. <https://doi.org/10.58812/wsis.v1i07.126>
- Redman, A., & Wiek, A. (2021). Competencies for Advancing Transformations Towards Sustainability. *Frontiers in Education*, 6. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.785163>
- Rinjani, S. D., & Samsuri, T. (2022). Evaluasi Pemahaman Konsep Mahasiswa Pendidikan Biologi Pada Materi Ekologi Evaluation Of The Concept Understanding Of Biology Education Students On Ecological Material. 2(2), 46–55.
- Robinson, J. G. (2011). Corporate greening: Is it significant for biodiversity conservation? *Oryx*, 45(3), 309–310. <https://doi.org/10.1017/S0030605311000913>

- Rosyidah, T. (2024). *Pengaruh Experience Learning Model Bermuatan Education For Sustainable Development Pada Keterampilan Berpikir Kritis Dan Integrated Problem Solving Siswa Dalam Materi Ekologi* [Universitas Pendidikan Indonesia]. <https://repository.upi.edu/123950/>
- Rufaida, D., Kusumaningsih, W., & Ginting, R. B. (2025). Pengembangan Aplikasi Supervisi Akademik Berbasis Website Untuk Meningkatkan Kompetensi Pedagogik Guru Mts. *LEARNING : Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan Dan Pembelajaran*, 5(1), 395–407. <https://doi.org/10.51878/learning.v5i1.4567>
- Rukmana, M., & Watung, F. A. (2023). *Pengembangan E-Modul Pembelajaran Biologi Umum Berbasis Konstruktivisme*. 167–176.
- Rustaman, N. Y. (2021). System thinking as a sustainable competency in facilitating conceptual change through STEM based learning in biology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012223>
- Sadira, N. A. F. S. (2021). *Pengaruh Keterlibatan Siswa Dalam Program Zero Waste Pada Materi Ekosistem Terhadap Kesadaran Berkelanjutan Dan Keterampilan Berpikir Sistem Siswa* [Universitas Pendidikan Indonesia]. <https://repository.upi.edu/64944/>
- Safarli, A. J. (2024). The Economics of Sustainable Development: Balacing Growth And Enviromental Conservation. *Azerbaijan Technical University*, 63–67. <https://doi.org/10.61413/WMVY4626>
- Safira, R., & Iryani. (2025). Pengaruh Penggunaan E-Modul Larutan Penyangga Berbasis Masalah Terhadap Hasil Belajar Peserta Didik Fase F SMA. *Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika Dan IPA*, 5(3), 1304–1312.
- Saleem, A., Aslam, S., Sang, G., Dare, P. S., & Zhang, T. (2023). Education for sustainable development and sustainability consciousness: evidence from Malaysian universities. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 24(1), 193–211. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-05-2021-0198>
- Saleh, A., & Darayseh, A. (2024). *Science textbooks as an education resources for sustainability : A content analysis*. 20(1), 1–10.
- Saqib, Z. A., Zhang, Q., Ou, J., Saqib, K. A., Majeed, S., & Razzaq, A. (2020). Education for sustainable development in Pakistani higher education institutions: an exploratory study of students' and teachers' perceptions. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21(6), 1249–1267. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-01-2020-0036>
- Saraan, M., Rahmawaty, & Harahap, R. H. (2020). Analysis of community participation at Community Forestry Group (HKm) in Forest Management Unit (KPH) Region XIV Sidikalang, North Sumatera Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 454(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/454/1/012089>
- Saragih, L., Riandi, & Solihat, R. (2021). The implementation of ESD into Biology learning to equip students with ESD competencies of systemic thinking and problem-solving. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012158>
- Sari, A. K., Hernani, & Supriatna, A. (2024). Development of E-Modules Based on Education for Sustainable Development (ESD) on the Topic of Bioplastics to Improve Students ' Scientific Literacy. *Jurnal Riset Dan Praktik Pendidikan Kimia*, 12(2), 137–146.

- Sari, N. K., Heliawati, L., & Rubini, B. (2024). Analysis of Sustainable Awareness of Junior High School Students on Biotechnology Material. *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, 5(4), 556–567. <https://doi.org/10.46843/jiecr.v5i4.1911>
- Saro, J. M., Taray, J. D., Cinso, J. S., & Ingaling, B. S. (2025). Level of attitude , behavior , and awareness of senior high school students toward environmental conservation. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 11(1), 111–124.
- Satunggale Kurniawan, Yuventius Sugiarno, & Muhammad Afifi Rahman. (2025). Analisis kurikulum biologi berbasis konteks lingkungan pendekatan holistik dalam pembelajaran sains di SMA Antartika Sidoarjo. *Science Education and Development Journal Archives*, 3(1), 27–36. <https://doi.org/10.59923/sendja.v3i1.415>
- Scharenberg, K., Waltner, E., & Mischo, C. (2021). Development of Students ' Sustainability Competencies : Do Teachers Make a Difference ? *Sustainability (Switzerland)*, 1–22.
- Schleicher, A. (2018). The Future of Education and Skills: Education 2030. *OECD Education Working Papers*, 23. <http://www.oecd.org/education/2030/E2030> Position Paper (05.04.2018).pdf
- Schuler, S., Fanta, D., Rosenkraenzer, F., & Riess, W. (2018). Systems thinking within the scope of education for sustainable development (ESD) – a heuristic competence model as a basis for (science) teacher education. *Journal of Geography in Higher Education*, 4(2), 192–204. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/03098265.2017.1339264>
- Setiawan, H., Kusnadi, K., Surtikanti, H. K., & Riandi, R. (2023). Gender differences and the correlation of environmental knowledge with sustainability awareness after ESD-PjBL implementation. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 9(3), 371–386. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v9i3.26049>
- Setiawan, I. E., Zhang, Z., Corder, G., & Matsubae, K. (2021). Evaluation of environmental and economic benefits of land reclamation in the indonesian coal mining industry. *Resources*, 10(6), 1–16. <https://doi.org/10.3390/resources10060060>
- Shahipanah, A., Khajavy, H. G., & Shirvan, E. M. (2024). *The effect of textual and textual-pictorial glosses on incidental vocabulary learning in mobile-assisted listening*. 37, 79–95. <https://doi.org/10.1017/S0958344024000193>
- Shepardson, D. P., Roychoudhury, A., Hirsch, A., Niyogi, D., & Top, S. M. (2014). When the atmosphere warms it rains and ice melts: Seventh grade students' conceptions of a climate system. *Environmental Education Research*, 20(3), 333–353. <https://doi.org/10.1080/13504622.2013.803037>
- Shrivastava, P., Ivanaj, V., & Ivanaj, S. (2012). Sustainable development and the arts. *International Journal of Technology Management*, 60(1–2), 23–43. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2012.049104>
- Sihombing, R. A., Muslim, M., & Rahman, T. (2024). From Awareness To Action: a Systematic Literature Review of Teaching Materials Based on Education for Sustainable Development (Esd). *Jurnal Pembelajaran Sains*, 8(1), 22. <https://doi.org/10.17977/um033v8i1p22-30>
- Sinakou, E., Donche, V., Pauw, J. B., & Petegem, P. V. (2019). Designing Powerful Learning Environments in Education for Sustainable Development: A Conceptual Framework. *Sustainability*, 11(21), 5994.

- <https://doi.org/10.3390/su11215994>
- Sindua, N. J., & Kaihatu, J. E. (2022). Social Impact of Limestone Processing on the Community of Lobong Village, West Passi District, Bolaang Mongondow Regency, North Sulawesi. *SHS Web of Conferences*, 149, 03041. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202214903041>
- Siregar, M. T., & Batubara, C. A. (2021). Coding Untuk Menganalisis Data Pada Penelitian Kualitatif di Bidang Kesehatan. *Jurnal Kedokteran Syiah Kuala*, 21(2), 135.
- Sobari, D, F, E. (2022). *Pengembangan E-Modul Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Kesadaran Berkelanjutan*. repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu. 33–53
- Sriyati, S., Widodo, A., Purwianingsih, W., & Solihat, R. (2023). An Endeavor to Improve the Ability of High School Teachers in Designing Lesson Plans based on Education for Sustainable Development (ESD) in Biology Learning Through Training. *Jurnal Pengabdian Isola*, 2(2), 114–120.
- Streiling, S., Hörsch, C., & Rieß, W. (2021). Effects of teacher training in systems thinking on biology students—an intervention study. *Sustainability (Switzerland)*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/su13147631>
- Sudarwati, N., Iffah, N., Wahyuni, D. U., & Prasetyo, D. W. (2022). *Pengaruh Modul Elektronik Audio-Visual Terhadap Motivasi Berwirausaha dan Hasil Belajar Mahasiswa*. 1(3), 282–290. <https://doi.org/10.54259/diajar.v1i3.969>
- Suhadi, R. (1994). *Analisis Bahasa Buku Paket SMA Dari Segi Keterbacaan : Suatu Pendekatan Analisis Kalimat Dan Tes Rumpang Yang Dilakukan Oleh Pembelajaran Fisika Di SMA Negeri Di Kotamadya Bandung*. <http://repository.upi.edu/56189/>
- Sulaiman, M. B., Okoye, C. O. B., & Asegbeloyin, J. N. (2024). Geochemical, ecological, and health risk assessment of potentially toxic elements (PTEs) in the surrounding soil of a cement plant. *Discover Environment*, 2(1). <https://doi.org/10.1007/s44274-024-00053-1>
- Susantini, E., Kurniasari, I., Fauziah, A, N, M., Prastowo, T., & Khloliq, A. (2018). Engaging Pre-Service Teachers to Teach Science Contextually with Scientific Approach Instructional Video Engaging Pre-Service Teachers to Teach Science Contextually with Scientific Approach Instructional Video. *Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/296/1/012053>
- Susanto, S., Afif, N., Ritonga, A. W., Desrani, A., Shunhaji, A., & Ahmadi, A. (2024). Role of Teacher Learning Agility: An Empirical Study for Islamic Educational Success in Indonesia. *Journal of Education and Learning (Edulearn)*, 18(4), 1318–1326. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i4.21216>
- Sutanto, P. (2017). *Kinerja Direktorat Pembinaan SMA Tahun 2017*. 1, 1–182.
- Sweeney, L. B., & Stermann, J. D. (2007). Thinking about systems: Student and teacher conceptions of natural and social systems. *System Dynamics Review*, 23(2–3), 285–311. <https://doi.org/10.1002/sdr.366>
- SY, F., Rahman, A., & Mukhril. (2016). *Peran Pemerintah Kabupaten Aceh Besar Dalam Penanganan Dampak Peledakan Oleh Pt. Solusi Bangun Andalas Di Kecamatan Lhoknga*. 07(1), 1–23.
- Tadesse, A. (2024). Study of Environmental Education Programs and Behavior Change in Ethiopia. *International Journal of Environmental Sciences*, 7(3), 1–11. <https://doi.org/10.47604/ijes.2739>

- Taylor, W. L. (1953). "Cloze Procedure": A New Tool for Measuring Readability. *Journalism Quarterly*, 30(4), 415–433. <https://doi.org/10.1177/107769905303000401>
- Tilbury, D. (2011). *Education for Sustainable Development: An Expert Review of Processes and Learning*. Paris. UNESCO.
- Tri, R., Dari, U., & Sudatha, I. G. W. (2022). *Upaya Meningkatkan Semangat Belajar Siswa melalui E- Modul Berorientasi Discovery Learning*. 10(2), 205–214.
- Triana, B. M. (2023). Potret Miskonsepsi Siswa SMA pada Materi Komponen Penyusun dan Interaksi dalam Ekosistem. *Jurnal BIOEDUIN*, 13(2), 49–57. <https://doi.org/10.15575/bioeduin.v13i2.18766>
- Umar, M. F. (2025). *Pengembangan E-Modul Biologi Bermuatan Socioscientific Issue Tambang Emas Dalam Konteks Education For Sustainable Development (SSITE-ESD) Untuk Meningkatkan Critical Thinking Skill Dan Anticipatory Competency Peserta Didik*. <https://repository.upi.edu/136987/>
- UNESCO. (2017). Education for Sustainable Development Goals: learning objectives. In *Education for Sustainable Development Goals: learning objectives*. <https://doi.org/10.54675/cgba9153>
- UNESCO. (2020). *Education for sustainable development: a roadmap*. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/YFRE1448>
- Vossen, T. E., Tigelaar, E. H., Henze, I., De Vries, M. J., & Van Driel, J. H. (2020). Student and teacher perceptions of the functions of research in the context of a design-oriented STEM module. *International Journal of Technology and Design Education*, 30(4), 657–686. <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09523-7>
- Voulvoulis, N., Giakoumis, T., Hunt, C., Kioupi, V., Petrou, N., Souliotis, I., Vaghela, C., & binti Wan Rosely, W. I. H. (2022). Systems thinking as a paradigm shift for sustainability transformation. *Global Environmental Change*, 75(May), 102544. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2022.102544>
- Vuorio, E., Pernaa, J., & Aksela, M. (2024). Lessons for Sustainable Science Education: A Study on Chemists' Use of Systems Thinking across Ecological, Economic, and Social Domains. *Education Sciences*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/educsci14070741>
- Wahyuni, D., Rozimela, Y., Ardi, H., Mukhaiyar, M., & Fatdha, T. S. E. (2023). Proposing a web-based interactive module for education for sustainable development in english for computer science. *Register Journal*, 16(1), 1–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.18326/rgt.v16i1.1-23>
- Widodo, A., Sriyati, S., Purwianingsih, W., Rochintaniawati, D., Solihat, R., & Siswandari, P. (2023). *Pengembangan Nilai-Nilai Keberlanjutan Melalui Pelajaran Sains*. <https://upipress.upi.edu>
- Wood, S. L. R., Jones, S. K., Johnson, J. A., Brauman, K. A., Chaplin-Kramer, R., Fremier, A., Girvetz, E., Gordon, L. J., Kappel, C. V., Mandle, L., Mulligan, M., O'Farrell, P., Smith, W. K., Willemen, L., Zhang, W., & DeClerck, F. A. (2018). Distilling the role of ecosystem services in the Sustainable Development Goals. *Ecosystem Services*, 29, 70–82. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.10.010>
- Wyner, Y., & Desalle, R. (2020). An investigation of how environmental science textbooks link human environmental impact to ecology and daily life. *CBE*

- Life Sciences Education*, 19(4), 1–12. <https://doi.org/10.1187/cbe.20-01-0004>
- Yli-Panula, E., Jeronen, E., Vesterkvist, S., & Tolonen, P. (2022). Finnish Subject Student Teachers’ Views on Their Social Competencies at the End of Their Educational Studies. *Transitioning to Quality Education*, 63–87. <https://doi.org/10.3390/books978-3-03897-893-0-4>
- Yu, H., Zahidi, I., Fai, C. M., Liang, D., & Madsen, D. Ø. (2024). Elevating community well-being in mining areas: the proposal of the mining area sustainability index (MASI). *Environmental Sciences Europe*, 36(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-024-00895-9>
- Yuan, X., Yu, L., & Wu, H. (2021). Awareness of sustainable development goals among students from a chinese senior high school. *Education Sciences*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/educsci11090458>
- Yuliana, Y., Fathurohman, A., & Siahaan, S. M. (2023). Analysis of Needs for the Development of Local Wisdom-Based Junior High School Science E-Modules Related to Ethnoscience in South Sumatera. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 7865–7870. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.5292>
- Zakharova, O. V., Suvorova, L. G., Bogdanova, M. V., Zakharov, A. V., Permyakov, A., & Malykh, I. Y. (2021). Environmental education: Ecological wisdom of indigenous peoples in western siberia. *Sustainability (Switzerland)*, 13(7), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su13074040>
- Zaman, N., Adamy, A., Wardiati, W., & Taufik, T. (2024). Pemetaan Sosial Untuk Memaksimalkan Kebijakan Csr Oleh Pt. Sba Di Lhoknga Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Sinergitas PKM & CSR*, 8(3), 199–209. <https://doi.org/10.19166/jspc.v8i3.5752>
- Zaradiva, L., Purwianingsih, W., & Mardhatillah, F. (2025). Level of systems thinking competencies among senior high school students. *Jurnal Biologi Inovasi Pendidikan*, 7(3), 474–481. <https://doi.org/10.20527/bino.v7i3.22479>
- Zoller, U., & Nahum, T. (2012). *From teaching to know to learning to think in Science Education. In Second International Handbook of Science Education.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041>
- Zulfarina, Z., Azizahwati, A., & Ruslindawati, R. (2023). Analysis of Education for Sustainable Development (ESD) as a Basis for Development of Biotechnology Teaching Materials. *SHS Web of Conferences*, 173, 02001. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202317302001>