

**PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD *LIFE ON LAND* PADA
MATERI PENCEMARAN LINGKUNGAN TERHADAP
KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA**



SKRIPSI

*diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelas sarjana
Pendidikan Biologi*

Oleh:

Chairani Azahra

2103005

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

**PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD *LIFE ON LAND* PADA
MATERI PENCEMARAN LINGKUNGAN TERHADAP
KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA**

oleh
Chairani Azahra

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Biologi pada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas
Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

©Chairani Azahra 2025
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2025

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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

CHAIRANI AZAHRA

**PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD *LIFE ON LAND* PADA
MATERI PENCEMARAN LINGKUNGAN TERHADAP
KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA**

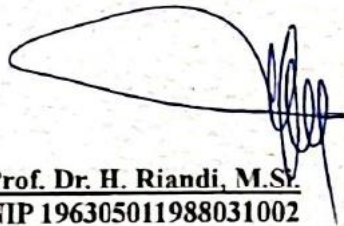
disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing 1,



Dr. Hj. Siti Srivati, M. Si.
NIP 196409281989012001

Pembimbing 2,



Prof. Dr. H. Riandi, M.Si.
NIP 196305011988031002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Biologi,



Dr. Kusnadi, M.Si.
NIP 196805091994031001

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Chairani Azahra
NIM : 2103005
Program Studi : Pendidikan Biologi
Judul Karya : Pembelajaran Proyek STEM-ESD *Life on land* pada Materi Pencemaran Lingkungan terhadap Keterampilan Rekayasa dan Aksi Siswa di 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 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, 12 Agustus 2025

Chairani Azahra

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim.

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Swt. atas seluruh nikmat dan kasih sayang-Nya yang tak pernah terputus bagi hamba-Nya walau sedetik pun. Dengan pertolongan, kuasa, dan izin-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Pembelajaran Proyek STEM-ESD *Life on land* pada Materi Pencemaran Lingkungan terhadap Keterampilan Rekayasa dan Aksi Siswa di SMA” dengan sebaik-baiknya. Tak lupa shalawat serta salam senantiasa tercurah limpahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad Saw, beserta keluarganya, sahabatnya, dan semoga sampai kepada kita selaku umatnya hingga akhir zaman.

Skripsi ini disusun guna melengkapi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Program Studi Pendidikan Biologi di Universitas Pendidikan Indonesia. Tentu saja, skripsi ini dilewati penuh dengan cerita serta suka dan duka, penuh dengan perjuangan. Meskipun dalam prosesnya penulis menghadapi berbagai macam hambatan dan rintangan tidak ada habisnya, namun kebaikan dan pertolongan Allah Swt juga tidak ada habisnya, sehingga penulis dapat bangkit untuk menghadapinya. Dalam rangka menyampaikan ucapan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah menjadi perantara-Nya dalam membantu penulis, maka penulis sajikan lembar khusus bagi mereka yang berjasa selama proses penulisan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Ibu Dr. Hj. Siti Sriyati, M.Si. selaku Dosen Pembimbing 1. Berkat bimbingan, kritik, saran, arahan, solusi, dan motivasi yang diberikan, penulis dapat menulis skripsi ini dengan baik dan menyelesaikannya tepat waktu. Penulis mendapat banyak ilmu pengetahuan, nilai-nilai, pengalaman baru, dan pelajaran berharga dari proses turun-naik penelitian ini.
2. Bapak Prof. Dr. H. Riandi, M.Si. selaku Dosen Pembimbing 2. Berkat pelajaran berharga dan bantuannya melalui arahan, saran, masukan, serta motivasi yang diberikan kepada penulis supaya terus berkembang dan penulisan skripsi ini dapat lebih baik lagi
3. Bapak Prof. Dr. Phil. H. Ari Widodo, M.Ed. dan Ibu Dr. Rini Solihat, M.Si. selaku Tim Dosen Payung Penelitian STEM-ESD yang selalu mengulurkan

tanggannya untuk menjadi tempat atas cerita suka dan duka selama proses penyusunan skripsi ini. Berkat ilmu arahan, masukan, semangat, dan motivasi yang diberikan penulis selalu berusaha bangkit dan tidak menyerah dalam setiap proses perjalanannya.

4. Bapak dan Ibu Dosen Penguji, yang telah bersedia membaca, memberikan saran, masukan, serta rekomendasi untuk skripsi ini kepada penulis agar skripsi ini dapat lebih baik lagi.
5. Bapak Dr. Kusnadi, M.Si. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi FPMIPA UPI yang telah memberikan bantuannya kepada penulis dalam menyediakan fasilitas perkuliahan yang baik, informasi terkait perkuliahan, arahan, dan rekomendasi sehingga penulis dapat melaksanakan perkuliahan dengan lancar dan menyelesaikan skripsi ini tepat waktu.
6. Bapak Dr. Amprasto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang sudah tiga setengah tahun membimbing penulis selama berkuliah di Pendidikan Biologi UPI, karena perhatian, kasih sayang, dukungan, dan bimbingannya penulis dapat melaksanakan perkuliahan dengan lancar dan terarah.
7. Seluruh Ibu dan Bapak Dosen Departemen Pendidikan Biologi yang senantiasa mendidik dan membina penulis selama empat tahun perkuliahan secara maksimal agar penulis dapat memperoleh ilmu baik itu tentang konten Biologi, pedagogik, maupun kehidupan agar penulis dapat berguna di masyarakat.
8. Ibu Hj. Ita Nursinta, S.Pd. dan Ibu Saminah, S.Pd., selaku Guru Biologi SMAN 12 Bandung yang telah berbaik hati dan menjadi jembatan untuk membantu proses penelitian sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dengan lancar.
9. Siswa-Siswi kelas 10 di SMAN 12 Bandung yang telah bersedia menjadi sampel penelitian dan menunjukkan semangat serta antusiasnya selama proses pembelajaran, menyelesaikan tugas dengan baik, meluangkan waktu dan sumber daya, sehingga memberikan semangat dan motivasi bagi peneliti di setiap pertemuannya.

10. Rekan satu tim payung penelitian proyek STEM-ESD atas segala bantuan yang telah diberikan dan telah bersama-sama berjuang, memberikan dukungan, selama proses penyusunan skripsi ini dari awal hingga akhir yaitu Ailsya Machira Berliani, Alya Syahryanida, Astri Afifah Rohana, Eva Sulistiyawati, Fitri Kurniawati, Ihat Solihat, Lu'lu Luthfiyah, Nurani Yasvika Putri, Shiva Aulia Putri, dan Siti Nuraisyah.
11. Teman-teman Vishaka Annora angkatan 2021 yaitu kelas A dan B Pendidikan Biologi serta kelas C Biologi yang telah menemani penulis selama perkuliahan menjadi pelaku di setiap cerita suka dan duka dalam berkuliah dan menyelesaikan skripsi ini.
12. Sahabat-sahabat penulis yang telah menjadi pendengar atas cerita keluh kesah, menemani penulis di titik terendah maupun tertinggi, atas dukungan dan motivasi yang telah diberikan, hal-hal yang dipikir sulit terasa jauh lebih mudah dan penulis berhasil melewatinya yaitu Bismillah Lulus 2025 (Fitriana Rahmawati, Eva Sulistiyanti, Nurani Yasvika Putri), OSAS (Lu'lu' Lathifatuzzakiyyah), Best Friend for Ever (Hasna Fauziyah Fajri), Para Pencari Perpustakaan (Rena Adelia Suryani, Savitri Novantira Putri), tsekum (Ailsya Machira Berliani, Dini Indriani), penghuni kost Ratu (Mila Nurlaila, Nurul Annisa, Siti Nurpalah), para pemandu Eko (Bapak Try Kurniawan, Salma Fitriani, Muhammad Nur Ilham, Gunawan, Adika Muhammad Aziz), dan warga BMPF yang menjadi tempat pelarian penulis ketika mulai menyerah mengerjakan skripsi ini.
13. Kakak Tingkat Pendidikan Biologi, terutama Teh Adienda Ramadhina, Teh Bintang Nurfarida, Teh Zia, Teh Dea Afifah, Teh Shifa, Teh Raditha, Kang Adika yang telah sabar menjawab seluruh pertanyaan dan kebingungan penulis serta memberikan banyak bantuan selama proses penelitian.
14. Seluruh pihak yang telah menginspirasi penulis untuk berjuang dan membantu penulis di waktu yang sulit yang tak dapat penulis uraikan satu persatu.

Terakhir, penulis mempersembahkan khusus kepada kedua orang tua, Mamah, Nurlaelah dan Ayah, Dwi Joko Widiyanto, atas cinta dan kasih sayang serta segala

kebaikan dan kerja kerasnya untuk membiayai perkuliahan sehingga penulis dapat menjalani perkuliahan dengan lancar, telah menjadi motivasi terbesar penulis sehingga penulis selalu dikuatkan dan tidak menyerah, telah memberikan do'a yang tak pernah putus agar penulis dapat bangkit dan berjuang. Kepada kakak dan adik tersayang, Dimas Prasetyo Singgih, Hafidz Noor, Rumi Pamungkas, dan Alya Bunga Rayyani yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan do'a sehingga penulis sampai hingga ke titik ini. Terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan penulis bersyukur dipertemukan dengan mereka di dunia ini.

Penulis menyadari bahwa tidak ada yang sempurna dalam hal apapun, termasuk skripsi ini, masih banyak hal yang perlu diperbaiki, sehingga dengan tangan terbuka penulis menerima segala kritik, saran, dan masukan yang membangun agar dapat lebih baik lagi. Mudah-mudahan skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca dari semua kalangan dan memperkaya ranah keilmuan tentang pembelajaran proyek STEM-ESD, keterampilan rekayasa, aksi berkelanjutan, SDG *Life on land*, pada mata pelajaran Biologi. Penulis berharap agar tulisan ini dapat menjadi inspirasi dan motivasi kepada guru dan siswa agar menciptakan solusi yang inovatif untuk memecahkan masalah, mendukung kehidupan berkelanjutan, dan melakukan aksi untuk menghadapi berbagai tantangan permasalahan.

Bandung 6 Agustus 2025

Chairani Azahra

ABSTRAK

Pembelajaran Proyek STEM-ESD *Life on land* pada Materi Pencemaran Lingkungan Terhadap Keterampilan Rekayasa dan Aksi Siswa di SMA

Chairani Azahra
2103005

Hilangnya keanekaragaman hayati dan degradasi tanah menjadi isu lokal dan global yang perlu mendapat perhatian penting. Praktik pertanian yang buruk terutama penggunaan pestisida yang tidak bijak menjadi penyebab permasalahan keseimbangan kehidupan di darat. Beriringan dengan perkembangan teknologi, informasi dan komunikasi, perlunya menanamkan keterampilan abad-21 untuk menangani beragam tantangan global tersebut. Keterampilan rekayasa dibutuhkan untuk memecahkan masalah dan mempersiapkan siswa untuk turun langsung ke lapangan. Maka dari itu, aksi peduli siswa terhadap kehidupan di darat perlu ditingkatkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pembelajaran proyek berbasis STEM-ESD SDG *Life on land* terhadap keterampilan rekayasa siswa dan peningkatan aksi siswa di SMA. Proyek yang dilakukan adalah pengembangan *light trap* menggunakan prinsip *reverse engineering*. Desain penelitian yang digunakan adalah *pre-experiment* dengan *One Group Pre-test Post-test Design*. Teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling* dan diperoleh sampel sebanyak 72 siswa di salah satu SMA di kota Bandung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai keterampilan rekayasa siswa adalah 81,7% dan termasuk kategori baik serta nilai *N-Gain* aksi siswa adalah 0.1172 berarti terjadi peningkatan dengan kategori rendah. Pembelajaran proyek STEM-ESD SDG *Life on land* pada materi pencemaran lingkungan berkontribusi dalam pengembangan keterampilan rekayasa dan mendukung peningkatan aksi siswa di SMA. Penelitian ini dapat menjadi langkah awal pendidikan di sekolah mulai memasukkan pembelajaran yang terintegrasi dengan STEM-ESD untuk mendukung nilai keberlanjutan dalam menghadapi tantangan global di masa depan.

Kata kunci: Pembelajaran Proyek STEM-ESD, Keterampilan Rekayasa, Aksi Keberlanjutan, SDG *Life on land*, *Light trap*

ABSTRACT

STEM-ESD *Life on land* Project Learning on Environmental Pollution Material on Students' Engineering Skills and Actions in Senior High School

**Chairani Azahra
2103005**

The loss of biodiversity and soil degradation are local and global issues that require serious attention. Poor agricultural practices, particularly the unwise use of pesticides, are causing problems with the balance of life on land. Along with developments in technology, information, and communication, there is a need to instill 21st-century skills to address these various global challenges. Engineering skills are needed to solve problems and prepare students to work in the field. Therefore, students' awareness of life on land needs to be increased. This study aims to analyze STEM-ESD SDG Life on Land project-based learning on students' engineering skills and increase student action in high school. The project carried out was the development of a light trap using the principle of reverse engineering. The research design used was a pre-experiment with a One Group Pre-test Post-test Design. The sampling technique used purposive sampling, and a sample of 72 students was obtained from one high school in Bandung. The results showed that the average engineering skill score of students was 81.7%, categorized as good, and the N-Gain score for student action was 0.1172, indicating an increase categorized as low. STEM-ESD SDG Life on Land project-based learning on environmental pollution contributes to the development of engineering skills and supports the improvement of students' actions in high school. This study can serve as an initial step for schools to begin incorporating integrated STEM-ESD learning to support sustainability values in addressing future global challenges.

Keywords: STEM-ESD Project-Based Learning, Engineering Skills, Sustainability Action, SDG Life on land, Light trap

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	7
1.6 Asumsi Penelitian.....	8
1.7 Hipotesis Penelitian.....	8
1.8 Struktur Organisasi Skripsi.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Pembelajaran Proyek STEM-ESD terkait SDG <i>Life on land</i>	10
2.2 Keterampilan Rekayasa	15
2.3 Aksi Siswa terkait SDG <i>Life on land</i>	20
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Metode dan Desain Penelitian	26
3.1.1 Metode Penelitian	26
3.1.2 Desain Penelitian	26
3.2 Populasi dan Sampel.....	27
3.3 Definisi Operasional.....	27
3.4 Instrumen Penelitian.....	28
3.4.1 Instrumen Keterampilan Rekayasa	28
3.4.2 Instrumen Aksi Siswa	31
3.4.3 Instrumen Tambahan	37

3.5 Prosedur Penelitian.....	37
3.5.1 Persiapan Penelitian.....	37
3.5.2 Tahap Pelaksanaan.....	38
3.5.3 Tahap Pasca Pelaksanaan.....	41
3.6 Analisis Data	42
3.6.1 Analisis Data Keterampilan Rekayasa Siswa	42
3.6.2 Analisis Data Aksi Siswa.....	43
3.7 Alur Penelitian.....	44
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Keterampilan Rekayasa Setelah Pembelajaran Proyek STEM-ESD <i>Life on Land</i>	46
4.1.1 Pengenalan Masalah	51
4.1.2 Definisi Masalah.....	56
4.1.3 Pembuatan Ide.....	63
4.1.4 Pemilihan Solusi Optimal	68
4.1.5 Peningkatan Solusi.....	72
4.1.6 Presentasi dan Pelaporan	83
4.1.7 Desain Manajemen Proses	86
4.2 Peningkatan Aksi Siswa Setelah Pembelajaran Proyek STEM-ESD <i>Life on Land</i>	87
4.2.1 Tindakan Masa Lalu	93
4.2.2 Tindakan Masa Sekarang.....	97
4.2.3 Tindakan Masa Depan	100
4.2.4 Capaian Kompetensi.....	103
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	106
5.1 Simpulan.....	106
5.2 Saran.....	107
DAFTAR PUSTAKA	108
LAMPIRAN.....	119

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tahapan Model Pembelajaran Proyek STEM.....	11
Tabel 2. 2 Kriteria Kinerja dan Tugas-Tugas Kinerja untuk Engineering Design Process.....	18
Tabel 2. 3 Learning objectives untuk Mencapai SDG 15: Life on land	22
Tabel 3. 1 Desain Penelitian <i>One Group Pre-test Post-test Design</i>	27
Tabel 3. 3 Kisi-Kisi Instrumen Keterampilan Rekayasa Siswa dalam Pembelajaran Proyek STEM untuk Mengatasi Masalah <i>Life on land</i>	29
Tabel 3. 4 Kisi-Kisi Instrumen Aksi Siswa SDG <i>Life on land</i>	31
Tabel 3. 5 Hasil Pengujian Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Aksi Tindakan per Masa SDG <i>Life on land</i> (N=68).....	32
Tabel 3. 6 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Aksi Capaian Kompetensi SDG <i>Life on land</i> (N=68)	34
Tabel 3. 7 Hasil Uji Pengujian Ulang Uji Validitas Instrumen Aksi Tindakan per Masa SDGs <i>Life on land</i> (N=20)	34
Tabel 3. 8 Hasil Uji Pengujian Ulang Uji Validitas Instrumen Capaian Kompetensi SDGs <i>Life on land</i> (N=20).....	35
Tabel 3. 9 Contoh Butir Pernyataan Instrumen Aksi SDG <i>Life on land</i>	36
Tabel 3. 10 Kisi-Kisi Pertanyaan Wawancara	37
Tabel 3. 11 Deskripsi Pelaksanaan Kegiatan Pembelajaran Proyek Berbasis STEM-ESD SDG <i>Life on land</i>	39
Tabel 3. 12 Pengkategorian Skor Keterampilan Rekayasa	43
Tabel 3. 13 Interpretasi Pengelompokkan N-Gain	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Light Trap yang Didemostrasikan Guru.....	15
Gambar 4. 1 Persentase Kriteria Kinerja Keterampilan Rekayasa Aspek Pengenalan Masalah.....	52
Gambar 4. 2 Foto Observasi Langsung dan Wawancara Kelompok Enam dan Sepuluh.....	53
Gambar 4. 3 Persentase Kriteria Kinerja Keterampilan Rekayasa Aspek Definisi Masalah	58
Gambar 4. 4 Jawaban Kelompok 7	61
Gambar 4. 5 Persentase Kriteria Kinerja Keterampilan Rekayasa Aspek Pembuatan Ide.....	64
Gambar 4. 6 Jawaban Kelompok 6	65
Gambar 4. 7 Perbandingan Desain <i>Light trap</i> kelompok 9 dan 6.....	66
Gambar 4. 8 Persentase Kriteria Kinerja Keterampilan Rekayasa Aspek Pemilihan Solusi Optimal.....	69
Gambar 4. 9 Jawaban Kelompok 2	71
Gambar 4. 10 Persentase Kriteria Kinerja Keterampilan Rekayasa Aspek Peningkatan Solusi.....	72
Gambar 4. 11 Perbandingan Jawaban Kelompok 2 dan 5	73
Gambar 4. 12 Perbandingan Jawaban Kelompok 8 dan 10	81
Gambar 4. 13 Persentase Kriteria Kinerja Keterampilan Rekayasa Aspek Presentasi dan Pelaporan.....	84
Gambar 4. 14 Jawaban Kelompok 11	85
Gambar 4. 15 Persentase Kriteria Kinerja Keterampilan Rekayasa Aspek Desain Manajemen Proses	86
Gambar 4. 16 Perubahan Nilai Aksi dan Rencana Aksi per Individu Siswa	90
Gambar 4. 17 Rata-rata Nilai Indikator Tindakan Masa Lalu	94
Gambar 4. 18 Persentase N-Gain Tindakan Masa Lalu Siswa	95
Gambar 4. 19 Rata-rata Nilai Indikator Tindakan Masa Sekarang.....	97
Gambar 4. 20 Persentase N-Gain Tindakan Masa Sekarang Siswa.....	98
Gambar 4. 21 Rata-rata Nilai Indikator Tindakan Masa Depan	101

Gambar 4. 22 Persentase N- <i>Gain</i> Tindakan Masa Depan Siswa	102
Gambar 4. 23 Rata-Rata Nilai Indikator Capaian Kompetensi.....	104
Gambar 4. 24 Persentase N- <i>Gain</i> Tindakan Capaian Kompetensi Siswa.....	104

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. 1 Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Aksi SDG Life on land	121
Lampiran A. 2 Instrumen Kuesioner Aksi SDG Life on land yang Digunakan .	128
Lampiran A. 3 Rubrik Keterampilan Rekayasa Berdasarkan Engineering Design Process.....	135
Lampiran A. 4 Instrumen Tambahan (Pertanyaan Wawancara).....	142
Lampiran B. 1 Modul Ajar	143
Lampiran B. 2 Lembar Kerja Peserta Didik.....	153
Lampiran C. 1 Tabulasi Skor Rata-Rata Nilai Kuesioner Aksi SDG Life on land	160
Lampiran C. 2 Tabulasi Nilai Keterampilan Rekayasa Siswa	168
Lampiran C. 3 Uji Statistik Pre-test dan Post-test Aksi dan Capaian Kompetensi SDG Life on land Keseluruhan	170
Lampiran C. 4 Contoh Jawaban LKPD Siswa	173
Lampiran D. 1 Surat Izin Penelitian	179
Lampiran D. 2 Surat Balasan Penelitian	180
Lampiran D. 3 Dokumentasi Penelitian	181

DAFTAR PUSTAKA

- Abang Ibrahim, D., & Mat Rashid, A. (2022). Curiosity among Students in Learning the Design and Technology Subject. *The Journal of Social Sciences Research*, 83, 48–55. <https://doi.org/10.32861/jssr.83.48.55>
- Adriyani, R. (2006). *Control of Environmental Pollution caused by Pesticide in Agricultural Process*.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211.
- Akinshipe, O., Oluleye, I. B., & Aigbavboa, C. (2019). Adopting sustainable construction in Nigeria: Major constraints. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 640(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/640/1/012020>
- Alifia, N., Nizar, A., & Sawitri, B. (2022). Pengaruh penggunaan insect *light trap* tenaga surya dalam pengendalian hama wereng batang coklat pada tanaman padi. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 15(2), 80–83. <https://doi.org/10.21107/agrovigor.v15i2.11431>
- Anggraini, L., & Muspawati, M. (2024). Studi Literatur: Peranan Pembahasan dalam Membuat Karya Ilmiah. *Jurnal Kepemimpinan Dan Pengurusan Sekolah*, 9(4), 572–580.
- Apriline Hega Tareze, M., Astuti, I., & Teknologi Pendidikan, M. (2022). Model Pembelajaran Kolaborasi Sdgs Dalam Pendidikan Formal Sebagai Pengenalan Isu Global Untuk Meningkatkan Kesadaran Sosial Peserta Didik. *Journal Visipena*, 13(1), 42–53. <https://ejournal.bbg.ac.id/visipena>
- Ardoyn, N. M., Bowers, A. W., & Gaillard, E. (2020). Environmental education outcomes for conservation: A systematic review. *Biological Conservation*, 241. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224>
- Aulia, Q., Wahyuning Purwanti, E., Studi Penyuluhan Pertanian Berkelanjutan, P., & Malang, P. (n.d.). *Minat Petani Dalam Penggunaan Photovoltaic Light trap (PLT) Pada Hama Tanaman Bawang Merah Farmers' Interest in Use Photovoltaic Light trap (PLT) On Pests of Shallot Plants*.
- Azhima, R., Defy, A., Nurhayu, W., & Darmawan, A. (2023). Keanekaragaman Famili dari Filum Arthropoda Nokturnal di Jalan Urip Sumoharjo Way Halim Bandar Lampung. *Maximus: Journal of Biological and Life Sciences*.

- Bartunek, D., & Schott, D. (2006). *Estetiska institutionen Outdoor Education through Ecological Living for Change in Way of Life*.
- Beghetto, R. A. (2021). Creative Learning in Education. In *The Palgrave Handbook of Positive Education*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64537-3_19
- Benbrook, C., Kegley, S., & Baker, B. (2021). Organic farming lessens reliance on pesticides and promotes public health by lowering dietary risks. *Agronomy*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/agronomy11071266>
- Bybee, R. W. (2013). *Challenges and Opportunities The Case for Education*. www.nsta.org/permissions.
- Carparo, R., & Slough, S. (2013). *1. Why Pbl? Why Stem? Why Now? An Introduction To Stem Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, And Mathematics (Stem) Approach*.
- Cazalis, R. (2019). Teaching and learning STEM disciplines: A process perspective. *Das Questões*, 7(1), 41–51.
- Chen, S. Y., & Liu, S. Y. (2020). Developing students' action competence for a sustainable future: A review of educational research. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 4). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su12041374>
- Chou, H.-M., Sugita Norika, Ching-Yeh Hsin, & Tso-Chung Sung. (2022). STEM Education Meets HPC. *International Computer Symposium*, 487–492.
- Cogut, G., Webster, N. J., Marans, R. W., & Callewaert, J. (2019). Links between sustainability-related awareness and behavior: The moderating role of engagement. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 20(7), 1240–1257. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-09-2018-0161>
- Corral-Verdugo, V., Fraijo-Sing, B., & Pinheiro, J. Q. (2006). Sustainable Behavior and Time Perspective: Present, Past, and Future Orientations and Their Relationship with Water Conservation Behavior. In *Revista Interamericana de Psicología/Interamerican Journal of Psychology-2006* (Vol. 40, Issue 2).
- Crismond, D. P. C., & Adams, R. S. (2012). The Informed Design Teaching and Learning Matrix. In *Journal of Engineering Education* (Vol. 101, Issue 4). <http://www.jee.org>
- Daeninck, C., Kioupi, V., & Vercammen, A. (n.d.). *PREPRINT-THIS MANUSCRIPT HAS NOT BEEN PEER-REVIEWED Climate anxiety, coping strategies and planning for the future in environmental degree students in the UK*.

- Djafar, N., Ahmad, J., & Latjompoh, M. (2023). *The Effectiveness Of Project-Based Learning Model With Stem Approach In Enhancing Students' Creative Thinking Skills*. <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/pelita/index>
- Dove, K. G. (2021). Classroom equity and the role of a teacher leader: Making classrooms equitable to all students. In *Empowering formal and informal leadership while maintaining teacher identity* (pp. 109–134). IGI Global.
- English, L. D., Adams, R., & King, D. (2020). *Design learning in STEM education*. Routledge.
- English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7>
- Fadzil, D. H., YUSLIZA, M. Y., & NGAH, A. H. (2021). *Determinants Of Pro-Environmental Behaviour Among Students*.
- Faizah, Z., Widodo, A., & Eliyawati*, E. (2024). Enhancing Students' Sustainability Understanding Through Air Quality Monitor Project Using Arduino. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 8(1), 52–68. <https://doi.org/10.24815/jipi.v8i1.36798>
- Fajrin, D. (2015). *Pengaruh Pembelajaran Kontekstual Berbasis Nilai pada Konsep Ekosistem terhadap Penguasaan Konsep dan Sikap Peduli Lingkungan Siswa*.
- Farfán Pimentel, D. E., Soria Pérez, Y. F., & Farfán Pimentel, J. F. (2024). Actitud ambiental en estudiantes universitarios: revisión sistemática. *Revista Alfa*, 8(24), 747–764. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.300>
- Farzda Dwi Prahandani, & Hendra Pratama. (2024). Penanaman Pendidikan Karakter Peduli Lingkungan Melalui Program Adiwiyata Pada Siswa IPS Kelas IX Di SMPN 2 Kauman Tulungagung. *CENDEKIA: Jurnal Ilmu Sosial, Bahasa Dan Pendidikan*, 4(2), 82–100. <https://doi.org/10.55606/cendikia.v4i2.2873>
- Firman, H., Rustaman, N. Y., & Suwarma, I. R. (2016). *The Development of Technology and Engineering Literacy Through STEM-Based Education*.
- Firmanshah, M. I., Abdullah, N., & Fariduddin, M. N. (2023). The Relationship of School Students' Environmental Knowledge, Attitude, Behavior, and Awareness toward the Environment: A Systematic Review. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 12(1). <https://doi.org/10.6007/ijarped/v12-i1/15707>
- FU Yi-na. (2009). On Experiential Education in Personality Cultivation System of Universities. *Journal of Shandong Institute of Business and Technology*.

- Gupta, Dr. M. S., Samrutwar, A. M., Rahandale, A. M., & Edlabadkar, A. A. (2024). The Influence of Environmental Education on College Students' behavioural Attitudes towards Sustainability. *Journal of Learning and Educational Policy*, 46, 48–58. <https://doi.org/10.55529/jlep.46.48.58>
- Hadjichambis, A. C., & Paraskeva-Hadjichambi, D. (2020). Environmental citizenship questionnaire (ECQ): The development and validation of an evaluation instrument for secondary school students. *Sustainability (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/SU12030821>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, 66(1), 64-74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Han, H. J., & Shim, K. C. (2019). Development of an engineering design process-based teaching and learning model for scientifically gifted students at the Science Education Institute for the Gifted in South Korea. *Asia-Pacific Science Education*, 5(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s41029-019-0047-6>
- Hdeib, R., Aouad, M., Awawdeh, S., & Mahfoudh, S. A. (2024). Closing the Commitment Gap: Enhancing Student Engagement in Sustainable Development Goals. *International Conference on Decision Aid Sciences and Applications (DASA)*, 1–6.
- Hennessey, B. A., & Amabile, T. M. (2010). Creativity. *Annual Review of Psychology*, 61, 569–598. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.100416>
- Hidayatulloh, R., & Utiya Azizah, dan. (2020). Analisis Keterampilan Pemecahan Masalah Siswa Sma Pada Topik Laju Reaksi. In *Jurnal Penelitian Pendidikan Sains* (Vol. 10, Issue 01). <https://journal.unesa.ac.id/index.php/jpps>
- Hoeruni, Y. (2017). *Pengaruh Pembelajaran Ipa Berbasis Stem Terhadap Keterampilan Rekayasa Dan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa Smp*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Ibrahim, I., & Sillemu, S. (2022). Identifikasi Aktivitas Penggunaan Pestisida Kimia yang Berisiko pada Kesehatan Petani Hortikultura. *JUMANTIK (Jurnal Ilmiah Penelitian Kesehatan)*, 7(1), 7. <https://doi.org/10.30829/jumantik.v7i1.10332>
- James, M., April, M., Luciana, R., & Barroso. (2013). Engineering Better Projects. In *STEM Project-Based Learning* (pp. 29–39). Brill.
- Jin (2015). A Performance-Based Evaluation Rubric for Assessing and Enhancing Engineering Design Skills in Introductory Engineering Design Courses A

- Performance-Based Evaluation Rubric for Assessing and Enhancing Engineering Design Skills in Introductory Engineering Design Courses* KI-IL SONG**, DO HYOUNG SHIN and SOOBONG SHIN. In *Article in International Journal of Engineering Education*. <https://www.researchgate.net/publication/282929432>
- Juli Puspitasari, D. (2016). Review: Kajian Bioremediasi Pada Tanah Tercemar Pestisida [Study of Bioremediation in Polluted Soil of Pesticides]. *KOVALEN*, 2(3), 98–106.
- Kemdikbudristek. (2024). *Kurikulum Merdeka CP 2024*.
- Kenedi. (2017). Pengembangan Kreativitas Siswa Dalam Proses Pembelajaran Di Kelas Ii Smp Negeri 3 Rokan Iv Koto. *Jurnal Ilmu Pendidikan Sosial, Sains, Dan Humaniora*, 3(2), 329–347.
- Kraft, V., Marco-Almagro, L., Kraft, V., & Marco-Almagro, L. (2022). *Empowering Master Students To Solve Real-World Engineering Problems*. <https://doi.org/10.5821/confer>
- Krsmanovic, M. (2021). Course Redesign: Implementing Project-Based Learning to Improve Students' Self-Efficacy. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 21(2). <https://doi.org/10.14434/josotl.v21i2.28723>
- Lachapelle, C. P., & Cunningham, C. M. (2014). Engineering in elementary schools. In *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices* (pp. 61–88). Purdue University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctt6wq7bh.8>
- Lin, K. Y., Hsiao, H. S., Williams, P. J., & Chen, Y. H. (2020). Effects of 6E-oriented STEM practical activities in cultivating middle school students' attitudes toward technology and technological inquiry ability. *Research in Science and Technological Education*, 38(1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1561432>
- Mahat, H., Norkhaidi, S. B., Saleh, Y., Hashim, M., Nayan, N., Said, Z. M., Matnoor, M., & Hamid, N. (2022). A Study on the Responsibility of Environmental Ethics among Secondary School Students in the 21st Century. *International Journal of Educational Methodology*, 8(3), 585–593. <https://doi.org/10.12973/ijem.8.3.585>
- Manolis, E., & Manoli, E. (2021). Raising awareness of the Sustainable Development Goals through Ecological Projects in Higher Education. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123614.

- Marmara, T. C., Bilimleri, Ü. E., İlköğretim, E., Bilim, A., Fen, D., Öğretmenliği, B., Dalı, B., Tezi, D., & Benzer, E. (2010). *Proje Tabanlı Öğrenme Yaklaşımıyla Hazırlanan Çevre Eğitimi Dersinin Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Çevre Okuryazarlığına Etkisi*.
- Mcdonald, C. V. (2016). STEM Education: A review of the contribution of the disciplines of science, technology, engineering and mathematics. In *Science Education International* (Vol. 27).
- Mohamed Isa, S. S. P. (2024). The Project-Based Learning (Stem Model) In Fundamental Physics Learning. *International Journal of Modern Education*, 6(21), 640–654. <https://doi.org/10.35631/ijmoe.621047>
- Mukti, R. (2024). *Pengaruh Pembelajaran Proyek Stem-Esd Terkait Sdgs Life On Land Terhadap Kreativitas Dan Aksi Siswa* [Skripsi]. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Muntamah, Roshayanti, F., & Hayat, M. (2023). Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMK Pada Pembelajaran Proyek IPAS Berorientasi ESD dan Pendekatan STEAM. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*.
- Murniati, W., Suyidno, S., Miriam, S., Dewantara, D., & Murshed, M. B. (2024). Analysis of Students' Problem-Solving Skills in Physics Learning Through a STEM-Oriented Direct Teaching Model. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 8(1), 145. <https://doi.org/10.20527/jipf.v8i1.10878>
- Naftaly, B. D. C., Windriyanti, W., & Rahmadhini, N. (2024). Efisiensi Beberapa Jenis Warna Lampu terhadap Keanekaragaman Serangga Nokturnal pada Pertanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Agroteknika*, 7(1), 11–23. <https://doi.org/10.55043/agroteknika.v7i1.237>
- Nguyễn, L. C., Hoa, H. Q., & Hien, L. H. P. (2025). Integrating design thinking into STEM education: Enhancing problem-solving skills of high school students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(4), 1–11. <https://doi.org/10.29333/ejmste/16084>
- Ningrum, T. L., Wahidin, W., & Diella, D. (2024). Improving problem-solving ability and collaboration skills of ecosystem material through STEM integrated project-based learning. *JPBIO (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 9(1), 11–20. <https://doi.org/10.31932/jpbio.v9i1.2962>
- NRC. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. In *A Framework for K-12 Science Education: Practices*,

- Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Nurbayani, D., Hindriana, A. F., & Sulistyono, S. (2023). Pembelajaran Berbasis Proyek Terintegrasi STEM (PjBL-STEM) Meningkatkan Keterampilan Rekayasa dan Sikap Kewirausahaan. *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 15(1), 54–64. <https://doi.org/10.25134/quagga.v15i1.6469>
- Nuwangi, P. P., & Anwar, S. (2023). Penerapan Nilai-nilai Berkelanjutan dalam Pendidikan Perubahan Iklim: Sebuah Kajian Epistemologi dan Aksiologi. In *Jurnal Filsafat, Sains, Teknologi, dan Sosial Budaya* (Vol. 29, Issue 5).
- Octavia Anwar, D., Izdiyar Ishmah, F., Putri Nurrahma, R., & Darmayanti, M. (2024). *Social, Humanities, and Educational Studies SHEs: Conference Series 7 (3) (2024) 1426-1436 Aku Generasi Peduli Bumi: Modul Ajar IPAS Fase C Materi Letak Geografis Indonesia Berbasis Education for Sustainable Development (ESD) untuk Menunjang Ketercapaian SDGs 15 Life on Land*. <https://jurnal.uns.ac.id/shes>
- Ogino, T., Uehara, T., Muraji, M., Yamaguchi, T., Ichihashi, T., Suzuki, T., Kainoh, Y., & Shimoda, M. (2016). Violet LED light enhances the recruitment of a thrip predator in open fields. *Scientific Reports*, 6. <https://doi.org/10.1038/srep32302>
- Oguh, C., Okpaka, C., Ubani, C., Joseph, P., & Amadi, E. (2019). Natural Pesticides (Biopesticides) and Uses in Pest Management- A Critical Review. In *Asian Journal of Biotechnology and Genetic Engineering* (Vol. 2, Issue 3).
- Ordanovska, O., Romashchenko, K., Tsyna, V., Tsyna, A., & Postova, S. (2023). *Implementation Of Stem Education In General Education Institutions Implementação Da Educação Stem Nas Instituições De Ensino Geral*.
- Pamungkas, O. S. (2016). *BAHAYA PAPARAN PESTISIDA TERHADAP KESEHATAN MANUSIA* (Issue 1). www.hesperian.org
- Pateman, R. M., de Bruin, A., Piirsalu, E., Reynolds, C., Stokeld, E., & West, S. E. (2020). Citizen Science for Quantifying and Reducing Food Loss and Food Waste. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.589089>
- Pembuatan, P., Hama, A. P., Kincir, D., Bagi, A., Bawang, P., Di, M., Randutatah, D., Sulistiyanto, P., Abidin, Z., & Romadhoni, S. A. (2023). Pelatihan Pembuatan Alat (Sulistiyanto, dkk. *Jurnal Malikussaleh Mengabdi*, 2(2), 2829–6141. <https://doi.org/10.29103/jmm>

- Petrakis, K., Wodehouse, A., & Hird, A. (2021). Physical prototyping rationale in design student projects: An analysis based on the concept of purposeful prototyping. *Design Science*, 7. <https://doi.org/10.1017/dsj.2021.6>
- Pudjiarti, E. S., Rusdarti, Lintong, M. M., & Hamu, F. J. (2024). The power of project-based learning: A catalyst for student engagement, collaboration and academic excellence. *International Journal of Education and Practice*, 12(3), 606–621. <https://doi.org/10.18488/61.v12i3.3735>
- Purwanto. (2015). *Metodologi Penelitian Kuantitatif untuk Psikologi dan Pendidikan*. Pustaka Belajar.
- Puspitasari, D. (2016). Kajian Bioremediasi Pada Tanah Tercemar Pestisida [Study of Bioremediation in Polluted Soil of Pesticides]. *KOVALEN*, 2(3), 98–106.
- Rabbani, M. A., Samiul Basir, M., Aliuzzaman, M., & Rahman, A. (2022). *Optimization of a solar light trap for controlling the pest in rice field*. <http://www.cigrjournal.org>
- Ramirez, G. A., Damanti, S., Caruso, P. F., Mette, F., Pagliula, G., Cariddi, A., Sartorelli, S., Falbo, E., Scotti, R., Di Terlizzi, G., Dagna, L., Praderio, L., Sabbadini, M. G., Bozzolo, E. P., & Tresoldi, M. (2024). Sustainability in Internal Medicine: A Year-Long Ward-Wide Observational Study. *Journal of Personalized Medicine*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/jpm14010115>
- Roensis Sinambela, B. (2024). Dampak penggunaan Pestisida dalam Kegiatan Pertanian terhadap Lingkungan Hidup dan. In *Kesehatan Jurnal Agrotek* (Vol. 8, Issue 2).
- Rukoyah, S. (2020). *Pembelajaran Berbasis Stem Untuk Membangun Keterampilan Rekayasa Dan Kemampuan Engineering Productivity Siswa* . Universitas Pendidikan Indonesia .
- Rukoyah, S. O. (2020). *Pembelajaran Berbasis Stem Untuk Membangun Keterampilan Rekayasa Dan Kemampuan Engineering Productivity Siswa* . Universitas Pendidikan Indonesia.
- Rusmana, A. N., Widodo, A., & Surakusumah, W. (2021). Promoting the middle school students' engineering skills and conceptual understanding through STEM-based learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1957(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1957/1/012020>
- Schusler, T., & Krasny, M. (2008). Youth participation in local environmental action: An avenue for science and civic learning? In *Participation and learning*:

- Perspectives on education and the environment, health and sustainability* (pp. 268–284). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Schusler, T., & Krasny, M. (2010). Environmental Action as Context for Youth Development. *The Journal of Environmental Education*, 41(4).
- Shahali, E. H. M., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K., & Zulkifeli, M. A. (2017). STEM learning through engineering design: Impact on middle secondary students' interest towards STEM. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(5), 1189–1211. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00667a>
- Simarro, C., & Couso, D. (2021). Engineering practices as a framework for STEM education: a proposal based on epistemic nuances. *International Journal of STEM Education*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00310-2>
- Sintiya, A. M., Luthfi, E., & Ahsani, F. (2025). Stem-Based Education For Sustainable Development In Elementary Schools: Fostering Sustainability Awareness Through A Descriptive Qualitative Approach. *Journal of Islamic Primary Education*, 8(1), 74–85. <http://journal.uinsgd.ac.id/index.php/al-aulad>
- Solihah, P. A., Kaniawati, I., Samsudin, A., & Riandi, R. (2024). Prototype of Greenhouse Effect for Improving Problem-Solving Skills in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)-Education for Sustainable Development (ESD): Literature Review, Bibliometric, and Experiment. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 9(1), 163–190. <https://doi.org/10.17509/ijost.v9i1.66773>
- Sucilestari, R., Ramdani, A., Sukarso, A., Susilawati, S., & Rokhmat, J. (2023). Project-Based Learning Supports Students' Creative Thinking in Science Education. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 1038–1044. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.5054>
- Suwarma, I. R., Astuti, P., Nur, E., & Abstrak, E. (2015). “Balloon Powered Car” Sebagai Media Pembelajaran Ipa Berbasis Stem (Science, Technology, Engineering, And Mathematics).
- Taketoshi Yokemura, & Masahiro Inoue. (2018). A Method to Solve PBL Issues and to Improve Project Management Competencies of Students. *Management Studies*, 6(3). <https://doi.org/10.17265/2328-2185/2018.03.001>
- Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. *The Autodesk Foundation*.

- Tiara, C. (2023). *Pengaruh Pembelajaran Aplikasi Light Emitting Diodes (LED) dalam Pengawetan Makanan Terhadap Kesadaran dan Keterlibatan Berkelanjutan Zero Hunger Pada Peserta Didik SMA*.
- Tilbury, D. (1995). Environmental Education for Sustainability: Defining the new focus of environmental education in the 1990s. *Environmental Education Research*, 1(2), 195–212. <https://doi.org/10.1080/1350462950010206>
- Tilbury, D. (2005). *Social learning towards a sustainable world Chapter 5 Learning based change for sustainability: perspectives and pathways Change for sustainability*.
- Torsdottir, A. E., Olsson, D., & Sinnes, A. T. (2024). Developing action competence for sustainability – Do school experiences in influencing society matter? *Global Environmental Change*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2024.102840>
- Umar, M. S. (2023). *Pengaruh Pembelajaran Project Rain Water Processing Berbasis Stem Terhadap Peningkatan Kesadaran Dan Aksi Peduli Air Bersih Siswa Sma*.
- Umm-e-Rabania, M., Iqbal, B., Sarwar, M., & Arif, M. (2024). Shaping Young Minds: The Influence of Environmental Factors on Students Attitude. *Journal of Education and Social Studies*, 5(3), 100–109. <https://doi.org/10.52223/jess.2024.5312>
- UNESCO. (2017). *Education for sustainable development goals : learning objectives*. UNESCO.
- Vaughter, P., & 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.
- Vreede, C. de, Warner, A., & Pitter, R. (2013). Facilitating Youth to Take Sustainability Actions: The Potential of Peer Education. *The Journal of Environmental Education*, 37–56.
- Wahyuni, S., Rendo, D., & Sarah, M. (2022). Penerapan Teknologi *Light trap* Pada Pertanaman Padi Di Desa Detusoko Barat, Nusa Tenggara Timur. *Jmm (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(1), 217. <https://doi.org/10.31764/Jmm.V6i1.6259>
- Wang, H.-H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., Wang, H., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (n.d.). STEM Integration: Teacher Perceptions and Practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 1(2). <https://doi.org/10.5703/1288284314636>

- Widarti, R., & Roshayanti, F. (2021). berorientasi ESD (Education for Sustainable Development) dalam Pembelajaran Fluida. *Unnes Physics Education Journal Terakreditasi SINTA*, 10(3). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upej>
- Widodo, A. (2021). *Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Dasar-Dasar untuk Praktik*.
- Yulianti, K., & Kaniawati, I. (2022). Implementation of STEM-based learning in the context of ESD in equipping students' problem solving ability . *INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND SCIENCE EDUCATION*, 2468(1).
- Zul Ilham, Kamal, A., Imad Wan-Mohtar, W. A. A. Q., & Ainurzaman Jamaludin, A. (2021). Youth Awareness Level towards Sustainable Development Goals (SDGs) in Greater Kuala Lumpur. *The Journal of Indonesia Sustainable Development Planning*, 2(3), 217–233. <https://doi.org/10.46456/jisdep.v2i3.173>
- Zulkhi, M., Destrinelli, D., & Indryani, I. (2024). Peningkatan Aktivitas Belajar Siswa Melalui Pendekatan Pembelajaran Terdiferensiasi Menggunakan Model Pembelajaran Berbasis Proyek di Sekolah Dasar. *Jurnal Penelitian Pendidikan Dasar*, 5(2), 96–107.