

**PEMBELAJARAN PROYEK FILTER AIR LIMBAH DETERGEN
BERBASIS STEM-ESD TERKAIT *CLEAN WATER AND
SANITATION* TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN
AKSI SISWA SMA**

SKRIPSI

*Disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana
pendidikan Program Studi Pendidikan Biologi*



Oleh:
Shiva Aulia Sari
2104010

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

**PEMBELAJARAN PROYEK FILTER AIR LIMBAH DETERGEN
BERBASIS STEM-ESD TERKAIT *CLEAN WATER AND
SANITATION* TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN
AKSI SISWA SMA**

Oleh

Shiva Aulia Sari

Skripsi yang diajukan untuk memperoleh gelar

Sarjana Pendidikan Biologi pada Program Studi Pendidikan Biologi

©Shiva Aulia Sari

Universitas Pendidikan Indonesia 2025

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difotocopy, atau dengan cara lainnya tanpa izin dari penulis.

SHIVA AULIA SARI

**PEMBELAJARAN PROYEK FILTER AIR LIMBAH DETERGEN
BERBASIS STEM-ESD TERKAIT *CLEAN WATER AND
SANITATION* TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN
AKSI SISWA SMA**

Shiva Aulia Sari

NIM 2104010

Disetujui dan disahkan oleh

Pembimbing 1,



Dr. Rini Solihat, M.Si

NIP 197902132001122001

Pembimbing 2,



Dr. Hj. Siti Sriyati, M.Si

NIP. 196409281989012001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Biologi



Dr. Kusnadi, M.Si

NIP 196805091994031001

PERYAATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shiva Aulia Sari
NIM : 2104010
Program Studi : Pendidikan Biologi
Judul Karya : Pembelajaran Proyek Filter Air Limbah Detergen Berbasis STEM-ESD Terkait *Clean Water And Sanitation* Terhadap Keterampilan Rekayasa dan Aksi Siswa SMA

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil kerja saya sendiri. Saya menjamin bahwa seluruh isi ini, baik sebagian maupun keseluruhan, bukan merupakan plagiarisme dari karya orang lain, kecuali pada bagian yang telah dinyatakan dan disebutkan sumbernya dengan jelas. Jika dikemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika akademik atau unsur plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Pendidikan Indonesia.

Bandung, Agustus 2025

Shiva Aulia Sari

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pembelajaran Proyek Filter Air Limbah Detergen Berbasis STEM-ESD Terkait Clean Water and Sanitation terhadap Keterampilan Rekayasa dan Aksi Siswa SMA”. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, sebagai suri teladan dalam menuntut ilmu dan mengamalkannya.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan dalam bidang Biologi. Penelitian ini berangkat dari kepedulian terhadap isu lingkungan, khususnya ketersediaan air bersih, serta pentingnya menumbuhkan keterampilan dan aksi nyata siswa melalui pembelajaran berbasis proyek. Dengan mengintegrasikan pendekatan STEM dan ESD, pembelajaran diarahkan untuk tidak hanya membekali siswa dengan pengetahuan dan keterampilan teknis, tetapi juga membangun kesadaran dan tanggung jawab terhadap tantangan pembangunan berkelanjutan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga karya ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan pembelajaran yang kontekstual dan relevan dengan kebutuhan zaman, serta bermanfaat bagi pembaca dan penggiat pendidikan.

Bandung, 7 Agustus 2025

Shiva Aulia Sari

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillahirabbilaalamiin.

Sekali lagi, segala puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas limpahan nikmat dan kasih sayang-Nya yang tiada henti. Hanya dengan izin dan pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan proses penulisan skripsi yang berjudul “Pengaruh Pembelajaran Project Rain Water Processing Berbasis STEM terhadap Peningkatan Kesadaran dan Aksi Peduli Air Bersih Siswa SMA” dengan sebaik-baiknya. Meskipun dalam perjalanannya penulis menghadapi berbagai tantangan dan rintangan yang tidak sedikit, namun pertolongan dan kemurahan Allah SWT senantiasa menyertai setiap langkah, sehingga semua hambatan dapat dilalui. Sebagai bentuk penghargaan dan ungkapan terima kasih kepada para pihak yang telah menjadi perantara atas segala kemudahan yang penulis terima, penulis menyajikan halaman khusus yang memuat ucapan terima kasih kepada mereka yang telah berjasa selama proses penulisan skripsi ini. Untuk itu penulis sajikan lembar khusus bagi mereka yang berjasa selama proses penulisan skripsi ini:

1. Ibu Dr. Rini Solihat, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Satu. Berkat bimbingan, saran, arahan, dan dorongan yang diberikan, penulis dapat belajar dari setiap proses yang dilalui. Setiap masukan menjadi pengalaman berharga yang membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan lebih baik..
2. Ibu Dr. Hj. Siti Sriyati, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Dua. Berkat bimbingan, arahan, dan dorongan yang tulus, penulis mendapat banyak pelajaran berharga sepanjang proses penyusunan skripsi ini. Setiap masukan yang diberikan menjadi bagian penting dalam membentuk pemahaman dan kualitas tulisan yang dihasilkan.
3. Bapak Prof. Dr. Phil. H. Ari Widodo, M.Ed., selaku Dosen Penelitian payung yang telah memberikan arahan, dorongan, motivasi, dan bimbingannya yang begitu hebat. Setiap ilmu dan arahan yang diberikan kepada penulis menjadi bekal baru untuk penulis dapat berkembang dan mengembangkan diri dalam dunia pendidikan.
4. Ibu Dr. Yanti Hamdiyati, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis selama empat tahun menimba ilmu di Universitas Pendidikan Indonesia ini.

Motivasi, semangat, dan bantuannyalah yang membuat penulis dapat menyelesaikan setiap studi selama delapan semester dan membuat penulis terus semangat untuk dapat menyelesaikannya hingga dapat berada pada titik sekarang ini.

5. Bapak dan Ibu Dosen Penguji, yang telah bersedia dalam membaca dan memberikan saran, masukan serta rekomendasi isi skripsi kepada penulis.
6. Bapak Dr. Kusnadi, M.Si., selaku Kepala Program Studi Pendidikan Biologi yang telah membantu penulis dalam menyediakan fasilitas perkuliahan yang baik.
7. Bapak dan Ibu Dosen Prodi Pendidikan Biologi dan Prodi Biologi yang senantiasa mendidik dan membina penulis secara maksimal agar penulis dapat berguna bagi masyarakat. Serta memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis dalam bidang pendidikan dan biologi yang harganya tak ternilai.
8. Bapak Ahmad Mujidin, S.Pd. selaku guru hebat di SMA Negeri 1 Bandung yang telah memudahkan penulis dalam melaksanakan penelitian.
9. Siswa-siswi hebat kelas X-3 dan X-6 di SMA Negeri 1 Bandung yang telah aktif dan berkontribusi selama pelaksanaan penelitian.
10. Teman-teman satu tim Payung Penelitian yang selalu kebersamai selama proses pengerjaan tugas akhir, Ailsya Machira Berliani, Alya Syahriyanida, Astri Afifah Rohana, Chairani Azahra, Eva Sulistiyanti, Fitri Kurniawati, Ihat Solihat, Lu'lu luthfiyah, Nurani Yasvika Putri, Qisthina Hunafa Qudsi, dan Siti Nuraisyah
11. Sahabat-sahabat penulis, yang selalu menjadi pengingat dalam kebaikan dan menjadi teman yang saling membantu satu sama lain serta terus bersama-sama menyelesaikan perkuliahan selama 4 tahun dengan baik, Ailsya, Astri, Lu'lu, Nasywa, Siti Nuraisyah, dan Warda.
12. Keluarga penulis, yang telah bersedia mendukung penulis selama menjalani perkuliahan dan menjadi orang tua ke-dua selama penulis menjalani perkuliahan.
13. Teman-teman Sobat Rodi A yang selalu ceria dan mendukung satu sama lain selama menjalani perkuliahan 4 tahun.

14. Teman-teman angkatan Vishaka Annora yang menjadi teman penulis selama 4 tahun perkuliahan.
15. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam proses penulisan skripsi ini, yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Terakhir, penulis persembahkan khusus kepada orang tua dan diri penulis sendiri. Terima kasih atas semua usaha dan doa yang selalu diberikan dengan tulus. Teruntuk ayah penulis, terima kasih telah selalu mendukung dan mengusahakan yang terbaik untuk pendidikan penulis. Teruntuk mamah penulis, terimakasih karena selalu memberikan semangat dan motivasi untuk tetap kuat selama menjalani perkuliahan dan selalu menjadi garda terdepan dalam mendoakan penulis dalam kebaikan. Dan untuk diri penulis sendiri, terimakasih karena telah berusaha sekuat mungkin dalam menghadapi tantangan-tantangan selama masa perkuliahan. Terimakasih karena sudah mau berjuang mendapatkan gelar yang diusahakan bersama-sama. Terima kasih karena tidak pernah berpikir untuk menyerah dan kalah oleh keadaan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna dan masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan dalam penulisannya. Maka dari itu, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya atas kekurangan yang ada. Kritik, saran serta rekomendasi yang membangun sangat penulis nantikan agar kedepannya dapat menjadi lebih baik lagi. Besar harapan penulis semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membaca.

Bandung, 7 Agustus 2025

Shiva Aulia Sari

ABSTRAK

Pembelajaran Proyek Filter Air Limbah Detergen Berbasis STEM-ESD Terkait *Clean Water And Sanitation* Terhadap Keterampilan Rekayasa dan Aksi Siswa SMA

Shiva Aulia Sari

2104010

Data Global Innovation Index (GII) 2023 menunjukkan bahwa Indonesia masih berada di peringkat ke-61 dari 132 negara. Kemampuan untuk berinovasi tidak hanya membutuhkan kreativitas, tetapi juga kemampuan untuk merealisasikan ide secara nyata melalui proses sistematis seperti yang dilakukan dalam rekayasa. Salah satu tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) tahun 2030, yaitu agenda nomor 6 yang bertujuan untuk meningkatkan akses terhadap air bersih dan sanitasi. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2022) banyaknya desa di Indonesia yang mengalami pencemaran air dari 2014 hingga 2021 meningkat sebanyak 21,5%. Namun terjadi ketimpangan antara pengetahuan dan tindakan berkelanjutan. Masalah air bersih dan sanitasi berhubungan erat dengan pengolahan air limbah. Untuk itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi terkait pembelajaran proyek filter air limbah detergen berbasis STEM-ESD terhadap keterampilan rekayasa dan Aksi siswa SMA. Metode yang digunakan di penelitian ini adalah *pre-eksperimental* dengan desain *one group pretest-posttest*. Instrumen dalam penelitian ini menggunakan rubrik penilaian keterampilan rekayasa dan kuesioner aksi terkait *clean water and sanitation*. Hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa keterampilan rekayasa siswa pada proyek pembuatan filter air limbah detergen tergolong kategori cukup. Sedangkan hasil penelitian aksi siswa terhadap masalah *clean water and sanitation* mengalami peningkatan dengan kategori N-gain sedang. Hal ini menunjukkan bahwa proyek pembelajaran STEM-ESD memiliki potensi untuk mengembangkan keterampilan rekayasa dan aksi berkelanjutan.

Kata Kunci: Pembelajaran Proyek STEM-ESD, Keterampilan Rekayasa, Aksi terkait SDGs Poin 6

ABSTRACT

STEM-ESD-based learning on detergent wastewater filter projects related to clean water and sanitation on engineering skills and actions of high

Shiva Aulia Sari

2104010

The 2023 Global Innovation Index (GII) data shows that Indonesia still ranks 61st out of 132 countries. The ability to innovate requires not only creativity, but also the ability to realize ideas in a tangible way through systematic processes such as those used in engineering. One of the Sustainable Development Goals (SDGs) for 2030 is Agenda 6, which aims to improve access to clean water and sanitation. According to data from the Central Statistics Agency (2022), the number of villages in Indonesia experiencing water pollution increased by 21.5% from 2014 to 2021. However, there is a disparity between knowledge and sustainable action. Clean water and sanitation issues are closely related to wastewater treatment. Therefore, the objective of this study is to obtain information regarding the impact of a STEM-ESD-based detergent wastewater filter project on engineering skills and student action at the high school level. The method used in this study is a pre-experimental design with a one-group pretest-posttest design. The instruments used in this study include an engineering skills assessment rubric and a questionnaire on action related to clean water and sanitation. The results of this study indicate that students' engineering skills in the detergent wastewater filter project are classified as adequate. Meanwhile, the results of student action research on clean water and sanitation issues show an improvement with a moderate N-gain category. This indicates that STEM-ESD learning projects have the potential to develop engineering skills and sustainable action.

Keywords: STEM-ESD Project Learning, Engineering Skills, Actions to SDGs Point 6

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
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.....	7
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 Filter Air Limbah Detergen Berbasis STEM-ESD Terkait Clean Water And Sanitation.....	10
2.2 Keterampilan Rekayasa Siswa.....	16
2.2.1 Fase Masalah	18
2.2.2 Fase Solusi.....	20
2.2.3 Fase Implementasi	21
2.2.4 Fase Manajemen Proses.....	22
2.3 Aksi Siswa	22
2.3.1 Indikator Tindakan Masa Lalu dan Masa Sekarang	26
2.3.2 Indikator Tindakan Masa Depan.....	27
2.3.3 Indikator Capaian Kompetensi	28
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Metode Dan Desain	30
3.1.1 Metode Penelitian	30
3.1.2 Desain Penelitian	30
3.2 Populasi Dan Sampel.....	31
3.3 Definisi Operasional	31

3.4 Instrumen Penelitian	32
3.4.1 Instrumen Keterampilan Rekayasa	32
3.4.2 Instrumen Aksi Siswa	43
3.5 Prosedur Penelitian	57
3.5.1 Persiapan.....	57
3.5.2 Pengumpulan Data.....	58
3.5.3 Pengolahan Data	59
3.5.4 Penginterpretasian, Pembahasan, dan Penarikan Kesimpulan	59
3.6 Analisis Data.....	59
3.6.1 Analisis Data Keterampilan Rekayasa Siswa	60
3.6.2 Analisis Data Aksi Siswa	60
3.7 Alur Penelitian	61
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	63
4.1 Keterampilan rekayasa siswa.....	63
4.1.1 Indikator Pengenalan Masalah.....	71
4.1.2 Indikator Pendefinisian Masalah	74
4.1.3 Indikator Pembuatan Ide.....	76
4.1.4 Indikator Pembuatan Solusi.....	79
4.1.5 Indikator Peningkatan Solusi.....	82
4.1.6 Indikator Presentasi Dan Pelaporan.....	89
4.1.7 Indikator Desain Manajemen Proses	91
4.2 Aksi siswa	95
4.2.1 Indikator Tindakan Masa Lalu pada Aksi Siswa	104
4.2.2 Indikator Tindakan Masa Kini pada Aksi Siswa	105
4.2.3 Indikator Tindakan Masa Depan pada Aksi Siswa	107
4.2.4 Indikator Capaian Kompetensi pada Aksi Siswa.....	108
BAB V KESIMPULAN	111
5.1 Simpulan.....	111
5.2 Implikasi	111
5.3 Rekomendasi	112
DAFTAR PUSTAKA	xiii
LAMPIRAN	116

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tahapan pembelajaran STEM	11
Tabel 2. 2 Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi (PERMENKES, 2017)	15
Tabel 2. 3 Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi (PERMENKES, 2017)	15
Tabel 2. 4 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi (PERMENKES, 2017)	15
Tabel 2. 5 Matriks <i>Learning Objective</i> SDGs Poin 6 (UNESCO, 2017).....	25
Tabel 3. 1 Desain Penelitian.....	31
Tabel 3. 2 Kisi-Kisi Instrumen Keterampilan Rekayasa.....	32
Tabel 3. 3 Rubrik Penilaian Keterampilan Rekayasa.....	36
Tabel 3. 4 Kisi-kisi Instrumen Aksi Siswa terkait Clean Water and Sanitation Sebelum Uji Validitas dan Reliabilitas	43
Tabel 3. 5 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Pertama Instrumen Aksi Siswa Indikator Tindakan.....	44
Tabel 3. 6 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Pertama Instrumen Aksi Siswa Indikator Capaian Kompetensi	47
Tabel 3. 7 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Kedua Instrumen Aksi Siswa Indikator Tindakan.....	51
Tabel 3. 8 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Kedua Instrumen Aksi Siswa Indikator Capaian Kompetensi	53
Tabel 3. 9 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Ketiga Instrumen Aksi Siswa Indikator Tindakan.....	55
Tabel 3. 10 Kisi-kisi Instrumen Aksi Siswa terkait Clean Water and Sanitation Setelah Uji Validitas dan Reliabilitas	56
Tabel 3. 11 Contoh Pernyataan Instrumen Aksi terkait <i>Clean Water and Sanitation</i>	57
Tabel 3. 12 kategorisasi nilai menurut Purwanto (2008)	60

Tabel 4. 1 Hasil Penilaian Keterampilan Rekayasa Siswa pada Setiap Fase	66
Tabel 4. 2 Hasil observasi kelompok 2 (kelompok tinggi)	72
Tabel 4. 3 Hasil observasi kelompok 4 (kelompok rendah).....	72
Tabel 4. 4 Alat dan bahan yang akan digunakan kelompok 11 (kelompok tinggi) 80	
Tabel 4. 5 Alat dan bahan yang akan digunakan kelompok 6 (kelompok rendah) 80	
Tabel 4. 6 Hasil Uji Coba Alat Filter Limbah Detergen.....	85
Tabel 4. 7 Data statistik pretest post test aksi siswa	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Siklus The Self-awareness Engine of Growth (Gill <i>et al.</i> , 2015).....	24
Gambar 3. 1 Alur Pembelajaran	59
Gambar 3. 2 Alur Penelitian.....	62
Gambar 4. 1. Nilai siswa pada indikator pengenalan masalah.....	71
Gambar 4. 2 Nilai siswa pada indikator pendefinisian masalah	74
Gambar 4. 3 Solusi berdasarkan kekurangan alat kelompok 8 (kelompok tinggi) 75	
Gambar 4. 4 Solusi berdasarkan kekurangan alat kelompok 6 (kelompok rendah)	75
Gambar 4. 5 Nilai siswa pada indikator pembuatan ide.....	77
Gambar 4. 6 Desain alat kelompok 9 (kelompok tinggi).....	78
Gambar 4. 7 Desain alat kelompok 3 (kelompok rendah)	78
Gambar 4. 8 Nilai siswa pada indikator pembuatan Solusi	79
Gambar 4. 9 Nilai siswa pada indikator peningkatan Solusi	83
Gambar 4. 10 Nilai siswa pada indikator presentasi dan pelaporan	90
Gambar 4. 11 Nilai siswa pada indikator desain manajemen proses	92
Gambar 4. 12 <i>N-Gain Score</i> aksi siswa dalam Tindakan masa lalu, Tindakan masa kini, Tindakan masa depan dan capaian kompetensi	99
Gambar 4. 13 Jumlah Siswa pada Perubahan Nilai Tindakan Siswa dari Masa Lalu, Masa Sekarang, dan Masa Depan.....	101
Gambar 4. 14 Nilai aksi siswa pada Tindakan masa lalu	104
Gambar 4. 15 Nilai aksi siswa pada Tindakan masa kini.....	106
Gambar 4. 16 Nilai aksi siswa pada Tindakan masa depan	107
Gambar 4. 17 Nilai aksi siswa pada capaian kompetensi	109

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pemetaan Matriks Instrumen Aksi Siswa	116
Lampiran 2 Uji Validitas Dan Uji Reabilitas Pertama Instrumen Aksi Siswa	118
Lampiran 3 Uji Validitas Dan Uji Reabilitas Kedua Instrumen Aksi Siswa	127
Lampiran 4 Uji Validitas Dan Uji Reabilitas Ketiga Instrumen Aksi Siswa	135
Lampiran 5 Instrumen Kuesioner Aksi Siswa Yang Digunakan	139
Lampiran 6 Modul Ajar	146
Lampiran 7 Lembar Kerja Peserta Didik	154
Lampiran 8 Penilaian Keterampilan Rekayasa Siswa	159
Lampiran 9 Tabulasi Hasil Skor Kuesioner Aksi Siswa Secara Keseluruhan	160
Lampiran 10 Perubahan Nilai Tindakan Siswa dari Masa Lalu Ke Masa Kini dan Ke Masa Depan	168
Lampiran 11 N-Gain Score Aksi Siswa	169
Lampiran 12 Uji Statistik Deskriptif Aksi Siswa	170
Lampiran 13 Catatan Lapangan	171
Lampiran 14 Surat Izin Penelitian	176
Lampiran 15 Dokumentasi Hasil Alat siswa	177
Lampiran 16 Dokumentasi Penelitian	178

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, A., Maulina, H., Nurulsari, N., Sukanto, I., Umam, A. N., & Mulyana, K. M. (2023). Impacts of integrating engineering design process into STEM makerspace on renewable energy unit to foster students' system thinking skills. *Heliyon*, 9(4), e15100. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15100>
- Abilova, Z., Kaldybayeva, A., & Zhansugurova, K. (2024). Project-Based Learning as a Catalyst for Developing Reflective Thinking in Students. *Bulletin of Science and Practice*, 10(6), 657–662. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/103/77>
- Agustin, E. E., & Maisyaroh, W. (2020). Hubungan Pengetahuan Lingkungan terhadap Sikap dan Perilaku Peduli Lingkungan pada Siswa SMAN 5 Jember Tahun Pelajaran 2018/2019. *ALVEOLI: Jurnal Pendidikan Biologi*, 1(2), 81–90. <https://doi.org/10.35719/alveoli.v1i2.16>
- Aini, S. N., Munahefi, D. N., Pramasdyahsari, A. S., & Setyowati, R. D. (2024). *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika Engineering Design Process STEM: Proyek Miniatur Gazebo Joglo*. 7, 37–43. <https://proceeding.unnes.ac.id/prisma>
- Al-Balushi, S. M., & Al-Aamri, S. S. (2014). The effect of environmental science projects on students' environmental knowledge and science attitudes. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 23(3), 213–227. <https://doi.org/10.1080/10382046.2014.927167>
- Amirullah, G., & Susilo, S. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Pada Konsep Monera Berbasis Smartphone Android. *WACANA AKADEMIKA: Majalah Ilmiah Kependidikan*, 2(1), 38. <https://doi.org/10.30738/wa.v2i1.2555>
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Addison Wesley Longman, Inc.

- Andrzejewski, J., & Davis, H. (2008). *Sustainability Education: Perspectives and Practice across Higher Education*. Peter Lang Publishing.
- Angelakis, A., & Snyder, S. (2015). Wastewater Treatment and Reuse: Past, Present, and Future. *Water*, 7(9), 4887–4895. <https://doi.org/10.3390/w7094887>
- Apriyanti, N. I. (2019). *PENGOLAHAN AIR LIMBAH DETERJEN DENGAN TAWAS*.
- Arni, A., & Susilawati. (2022). Pencemaran air sungai akibat pembuangan sampah di desa bagan kuala tanjung beringin Kabupaten Serdang Bedagai. *Nautical : Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1. <https://jurnal.arkainstitute.co.id/index.php/nautical/index>
- Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F., & Prime, G. M. (2012). Supporting STEM Education in Secondary Science Contexts. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 6(2). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1349>
- Aslam, D. F., Khoiri, N., Saefan, J. S., Saptaningrum, E., & Ristanto, S. (2024). Improving the Attitudes and Creative Thinking Skills of Senior High School Students Using an ESD-Enhanced STEM Approach. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 12(2), 177. <https://doi.org/10.20527/bipf.v12i2.18510>
- Badan Pusat Statistik. (2022a). *STATISTIK AIR BERSIH Water Supply Statistics*.
- Badan Pusat Statistik. (2022b, March 28). *Banyaknya Desa/Kelurahan Menurut Jenis Pencemaran Lingkungan Hidup (Desa), 2014-2021*. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/OTU5IzI=/banyaknya-desa-kelurahan-menurut-jenis-pencemaran-lingkungan-hidup.html>
- Bell, S. (2010). Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39–43. <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>
- Bhadargade, S. L. (2020). A Study of Factors Influencing the Problem-Solving Skills of Engineering Students. *Journal of Engineering Education*

Transformations, 33(4), 7–15.
<https://doi.org/10.16920/jcet/2020/v33i4/143655>

Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. *Educational Psychologist*, 26(3–4), 369–398. <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>

Bruns, J., & Grogan, B. (2022). Engineering and Engineering Technology STEM Curriculum Courses (Resource Exchange). *2022 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2--40706>

Budiono, S., Setyariza, N. A., Kusumawardani, I., Widayati, S. E., & Handayani, Y. (2024). Analisis Pembelajaran Berbasis Project Based Learning dalam Meningkatkan Kreativitas Peserta Didik. *TSAQOFAH*, 4(5), 3447–3455. <https://doi.org/10.58578/tsaqofah.v4i5.3323>

Burghardt, M. D., & Hacker, M. (2004). Informed Design: A Contemporary Approach to Design Pedagogy as the Core Process in Technology. *The Technology Teacher*, 6–8.

Burmeister, M., & Eilks, I. (2013). Using Participatory Action Research to Develop a Course Module on Education for Sustainable Development in Pre-Service Chemistry Teacher Education. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 3(1), 59–78. <https://doi.org/10.26529/cepsj.251>

Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. NSTA Press.

Caratozzolo, P., Smith, C., Muñoz Escalona, P., & Membrillo Hernández, J. (2022). Exploring engineering skills development through a comparison of institutional practices in Mexico and Scotland. *Towards a New Future in Engineering Education, New Scenarios That European Alliances of Tech Universities Open Up*, 1878–1883. <https://doi.org/10.5821/conference-9788412322262.1291>

- Charng, H.-W., Piliavin, J. A., & Callero, P. L. (1988). Role Identity and Reasoned Action in the Prediction of Repeated Behavior. *Social Psychology Quarterly*, 51(4), 303. <https://doi.org/10.2307/2786758>
- Chen, S.-Y., & Liu, S.-Y. (2020). Developing Students' Action Competence for a Sustainable Future: A Review of Educational Research. *Sustainability*, 12(4), 1374. <https://doi.org/10.3390/su12041374>
- Cornelissen, G., Pandelaere, M., Warlop, L., & Dewitte, S. (2008). Positive cueing: Promoting sustainable consumer behavior by cueing common environmental behaviors as environmental. *International Journal of Research in Marketing*, 25(1), 46–55. <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2007.06.002>
- Creswell, D. J. (2023). *Sixth Edition*.
- Crismond, D. P., & Adams, R. S. (2012). The Informed Design Teaching and Learning Matrix. *Journal of Engineering Education*, 101(4), 738–797. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2012.tb01127.x>
- CSG-Ed team. (2021). Global issues. *ACM SIGCAS Computers and Society*, 49(2), 9–9. <https://doi.org/10.1145/3447903.3447906>
- Damayanthi, E. (2017). *PENGARUH PENERAPAN PEMBELAJARAN BERBASIS STEM TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN SIKAP ILMIAH SISWA PADA MATERI EKOSISTEM*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Dewi Napitupulu, N., Novianti, I., & Selmi Embatau, K. (2025). Environmental Literacy in Middle School: Ecological Knowledge, Cognitive Skills, Environmental Affect, and Pro-Environmental Behavior-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-NC-SA 4.0). In *Jurnal Eduscience (JES)* (Vol. 12, Issue 2).
- Doppelt, Y. (2009). Assessing creative thinking in design-based learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(1), 55–65. <https://doi.org/10.1007/s10798-006-9008-y>

- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103–120. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x>
- Efiariza, R. R., Dewi, O. C., Panjaitan, T. H., & Felly, R. (2021). The green-based school and the creation of student's environmental attitude and behavior. *ARTEKS: Jurnal Teknik Arsitektur*, 6(2), 249–258. <https://doi.org/10.30822/arteks.v6i2.715>
- Eilam, E. (2005). *Reversing: Secrets of Reverse Engineering*. Wiley Publishing.
- Ekka, B., & Joseph, G. A. (2023). The Modern Developments in Education for Sustainable Development. *International Journal For Multidisciplinary Research*, 5(6). <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2023.v05i06.8563>
- 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>
- Erna, E., Yusuf, A., & Azis, R. (2021). Analisis Perilaku Masyarakat Dalam Penggunaan Jamban. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, 10(2), 440–446. <https://doi.org/10.35816/jiskh.v10i2.629>
- Erwinsyah. (2022). Environmental knowledge, attitudes, and practices for behavior change of university students: the case of Indonesia. *Journal of STEAM Education*, 5(2), 181–192. <https://doi.org/10.55290/steam.1075516>
- Eswaran, U. (2024). *Project-Based Learning* (pp. 23–43). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2169-0.ch002>
- Evans, N. (Snowy), Whitehouse, H., & Hickey, R. (2012). Pre-service Teachers' Conceptions of Education for Sustainability. *Australian Journal of Teacher Education*, 37(7). <https://doi.org/10.14221/ajte.2012v37n7.3>
- Fadillah, M. A., Hirahmah, A., Puspita, S., Jannati, R. P., & Usmeldi, U. (2024). Pengaruh STEM terhadap Hasil Belajar Siswa dan Perbedaan Gender di Sekolah Menengah Atas: Sebuah Meta-analisis. *Jurnal Pendidikan*

Matematika Dan Sains, 12(2), 122–131.
<https://doi.org/10.21831/jpms.v12i2.71840>

Fathurohman, I., Amri, M. F., Septiyanto, A., & Riandi. (2023). Integrating STEM based Education for Sustainable Development (ESD) to Promote Quality Education: A Systematic Literature Review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 1052–1059. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.4430>

Fetiana, N., Permanasari, A., & Permana, I. (2022). ENVIRONMENTAL LITERACY OF JUNIOR HIGH SCHOOL STUDENTS IN BOGOR: CONTRIBUTION OF KNOWLEDGE TO ENVIRONMENTAL ATTITUDES AND BEHAVIORS. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(5), 2423–2429. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i5.1794>

Finnegan, W. (2023). Educating for hope and action competence: a study of secondary school students and teachers in England. *Environmental Education Research*, 29(11), 1617–1636. <https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2120963>

Fortus, D., Krajcik, J., Dersheimer, R. C., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Design-based science and real-world problem-solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855–879. <https://doi.org/10.1080/09500690500038165>

French, M. J. (1999). *Conceptual Design for Engineers*. Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3627-9>

Garmendia, M., Aginako, Z., Garikano, X., & Solaberrieta, E. (2021). Engineering instructor perception of problem- and project- based learning: Learning, success factors and difficulties. *Journal of Technology and Science Education*, 11(2), 315. <https://doi.org/10.3926/jotse.1044>

Gill, L. J., Ramsey, P. L., & Leberman, S. I. (2015). A Systems Approach to Developing Emotional Intelligence Using the Self-awareness Engine of Growth Model. *Systemic Practice and Action Research*, 28(6), 575–594. <https://doi.org/10.1007/s11213-015-9345-4>

- Hadjichambis, A. Ch., & Paraskeva-Hadjichambi, D. (2020). Environmental Citizenship Questionnaire (ECQ): The Development and Validation of an Evaluation Instrument for Secondary School Students. *Sustainability*, 12(3), 821. <https://doi.org/10.3390/su12030821>
- Hake, R. (2002). Lessons from The Physics Education Reform Effort. *Conservation Ecology*
- Helmi, H., Nengsih, Y. K., & Suganda, V. A. (2018). Peningkatan kepedulian lingkungan melalui pembinaan penerapan sistem 3R (reduce, reuse, recycle). *JPPM (Jurnal Pendidikan Dan Pemberdayaan Masyarakat)*, 5(1), 1–8. <https://doi.org/10.21831/jppm.v5i1.16861>
- Herlambang, P., & Hendriyanto, O. (2015). *FITOREMEDIASI LIMBAH DETERJEN MENGGUNAKAN KAYU APU (PISTIA STRATIOTES L.) DAN GENJER (LIMNOCHARIS FLAVA L.)*.
- Hernandez, R. R., Easter, S. B., Murphy-Mariscal, M. L., Maestre, F. T., Tavassoli, M., Allen, E. B., Barrows, C. W., Belnap, J., Ochoa-Hueso, R., Ravi, S., & Allen, M. F. (2014). Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 766–779. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.041>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Hoeruni, Y. (2017). *PENGARUH PEMBELAJARAN IPA BERBASIS STEM TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF SISWA SMP*. Universitas Pendidikan Indonesia.

- Hynes, M. M. (2012). Middle-school teachers' understanding and teaching of the engineering design process: a look at subject matter and pedagogical content knowledge. *International Journal of Technology and Design Education*, 22(3), 345–360. <https://doi.org/10.1007/s10798-010-9142-4>
- Jin, S.-H. (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>
- Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 48(4), 63–85. <https://doi.org/10.1007/BF02300500>
- Jonassen, D. H. (2011). *Learning to Solve Problems: A Handbook for Designing Problem-Solving Learning Environments*. Routledge.
- Jonassen, D., Strobel, J., & Lee, C. B. (2006). Everyday Problem Solving in Engineering: Lessons for Engineering Educators. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 139–151. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00885.x>
- Jurnal, M. :, Multidisiplin, I., Oktafiani, A. I., & Nugraheni, N. (2024). Mewujudkan Sustainable Development Goals (Oktafiani, dkk) Mewujudkan Sustainable Development Goals (SDGS) Tentang Penyediaan Air Bersih dan Sanitasi. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 192(4), 192–197. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11127599>
- Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. National Academy Press. <https://doi.org/10.4236/ce.2013.45047>
- Khoiriyah, N., Abdurrahman, A., & Wahyudi, I. (2018). Implementasi pendekatan pembelajaran STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa

- SMA pada materi gelombang bunyi. *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika*, 5(2), 53. <https://doi.org/10.12928/jrkpf.v5i2.9977>
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., Puntambekar, S., & Ryan, M. (2003). Problem-Based Learning Meets Case-Based Reasoning in the Middle-School Science Classroom: Putting Learning by Design(tm) Into Practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495–547. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1204_2
- Krajcik, J., & Blumenfeld, P. (2006). *Project-Based Learning*. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. Cambridge University Press.
- Kurniawan, E., & Sofyan, H. (2020). Application of problem based learning model to improve problem solving ability of student of XI science grade in chemistry. *Journal of Physics: Conference Series*, 1440(1), 012014. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1440/1/012014>
- Kusrini, K. (2022). TOKSISITAS LIMBAH DETERJEN TERHADAP MORTALITAS IKAN KEPALA TIMAH (*Aplocheilus pancax*). *JEC (Jurnal Edukasi Cendekia)*, 6(1), 7–15. <https://doi.org/10.35326/jec.v6i1.2167>
- Kusumawardhana, I., & Nur Auliya, A. A. (2020). UNICEF and the WASH: Analisis Terhadap Peran UNICEF Dalam Mengatasi Masalah Ketersediaan Air Bersih di India. *Frequency of International Relations (FETRIAN)*, 1(2), 341–378. <https://doi.org/10.25077/fetrian.1.2.341-378.2019>
- Larson, C. E., & LaFasto, F. M. J. (1989). *Teamwork: What must go right/what can go wrong*. Sage Publications, Inc.
- Lestari, D. (2017). *PENGARUH PEMBELAJARAN BERBASIS STEM TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN PENGUASAAN KONSEP SISWA PADA MATERI PENCEMARAN UDARA*. Universitas Pendidikan Indonesia.

- Lestari, F., & Susanto, T. (2021). *PEMANENAN AIR HUJAN SEBAGAI PENYEDIAAN AIR BERSIH PADA ERA NEW NORMAL DI KELURAHAN SUSUNAN BARU. 4.*
- Madden, M. E., Baxter, M., Beauchamp, H., Bouchard, K., Habermas, D., Huff, M., Ladd, B., Pearson, J., & Plague, G. (2013). Rethinking STEM Education: An Interdisciplinary STEAM Curriculum. *Procedia Computer Science*, 20, 541–546. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.316>
- Mahanayak, B. (2024). Meaning and concept of sustainable development for the protection of environment and the role of India. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 22(3), 1460–1465. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.22.3.1856>
- Mardian, V. (2023). HOW IS ESD (EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT) IMPLEMENTED AFTER COVID-19 IN INDONESIA TO REALIZE SDG's? *Physics and Science Education Journal (PSEJ)*, 126–133. <https://doi.org/10.30631/psej.v3i3.2116>
- Mastria, S., Vezzil, A., & De Cesarei, A. (2023). Going Green: A Review on the Role of Motivation in Sustainable Behavior. *Sustainability*, 15(21), 15429. <https://doi.org/10.3390/su152115429>
- Mayer, R. E. (1992). *Thinking, Problem Solving, Cognition*. W.H. Freeman.
- Muhaimin, M. (2015). IMPLEMENTASI MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS MASALAH LOKAL DALAM MENGEMBANGKAN KOMPETENSI EKOLOGIS PADA PEMBELAJARAN IPS. *SOSIO DIDAKTIKA: Social Science Education Journal*, 2(1). <https://doi.org/10.15408/sd.v2i1.1409>
- Mulyadin, T., Rahyasih, Y., Ginanto, D., & Adi Putra, K. (2023). ASSESSING SUSTAINABILITY BEHAVIOR AND PARTICIPATION AMONG STUDENTS IN INDONESIAN HIGHER EDUCATION. *Revista Prâksis*, 1, 144–161. <https://doi.org/10.25112/rpr.v1.3194>

- Nuraeni, F. , & Zahra, Z. N. (2021). PROYEK DESAIN REKAYASA DALAM PEMBELAJARAN IPA UNTUK MENINGKATKAN COLLABORATIVE PROBLEM SOLVING DAN PEMAHAMAN KONSEP. *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 11(2), 47–59. <https://doi.org/10.24929/lensa.v11i2.162>
- Nuryani, S. H. (2022). PEMBELAJARAN BERBASIS STEM (SCIENCE ENGINEERING MATHEMATICS AND SCIENCE) UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN TEKNIK SISWA. *Pendas : Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 6(2), 232–243. <https://doi.org/10.23969/jp.v6i2.5027>
- Nusyirwan, D., Prayetno, E., Nugraha, S., Nugraha, H. A., Sinaga, L. A., Shafira, A., & Fadillah, M. A. (2021). Pembelajaran Engineering Design Process untuk Memperkenalkan Proses Pembelajaran Abad 21 pada Siswa Madrasah Ibtidaiyah Raudhatul Qur'an. *Berdikari: Jurnal Inovasi Dan Penerapan Ipteks*, 9(2), 143–150. <https://doi.org/10.18196/berdikari.v9i2.10779>
- Pandey, R. P., Sinha, D., & Sharma, R. (2024). Achieving Sustainability Through Clean Water and Sanitation: A Review. In *New Paradigms of Sustainability in the Contemporary Era* (pp. 46–56). CSMFL Publications. <https://doi.org/10.46679/9788195732289ch05>
- Paryanti, S., Pursitasari, I. D., & Rubini, B. (2021). Ecoliteracy of Junior High School Students in Science Lesson on Environmental Pollution Theme. *Scientiae Educatia*, 10(1), 12. <https://doi.org/10.24235/sc.educatia.v10i1.8073>
- Pauw, J. B., & Petegem, P. Van. (2013). The effect of eco-schools on children's environmental values and behaviour. *Journal of Biological Education*, 47(2), 96–103. <https://doi.org/10.1080/00219266.2013.764342>
- Pertiwi, T. U., Oetomo, D., & Sugiharto, B. (2024). The effectiveness of STEM Project-Based Learning in improving students' environmental literacy abilities. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(2), 476–485. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i2.33562>

- Purwanto, M. N. (2008). *Prinsip-prinsip dan teknik evaluasi pengajaran*. Remaja Rosdakarya.
- Rahimah, Z., Heldawati, H., & Syauqiah, I. (2018). PENGOLAHAN LIMBAH DETERJEN DENGAN METODE KOAGULASI-FLOKULASI MENGGUNAKAN KOAGULAN KAPUR DAN PAC. *Konversi*, 5(2), 13. <https://doi.org/10.20527/k.v5i2.4767>
- Rayma, S. T. (2020). *DAMPAK LIMBAH DOMESTIK TERHADAP KONDISI LINGKUNGAN*. UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SYARIF HIDAYATULLAH.
- Rieckmann, M. (2012). Future-oriented higher education: Which key competencies should be fostered through university teaching and learning? *Futures*, 44(2), 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.09.005>
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H., & Park, M. S. (2012). Is Adding the E Enough? Investigating the Impact of K-12 Engineering Standards on the Implementation of STEM Integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31–44. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00112.x>
- Rusmana, A. N. (2017). *Implementasi Pembelajaran IPA Biologi Berbasis STEM dalam Meningkatkan Keterampilan Rekayasa dan Penguasaan Konsep Siswa SMP*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>
- Sadler, T. D., Coyle, H. P., & Schwartz, R. S. (2010). . Engineering Competitions in the Middle School Classroom: Key Elements in Developing Effective Design Challenges. *Journal of STEM Education*, 18–28.
- Sass, W., Pauw, J. B., Maeyer, S. De, & Petegem, P. Van. (2021). Development and validation of an instrument for measuring action competence in sustainable development within early adolescents: the action competence in sustainable

- development questionnaire (ACiSD-Q). *Environmental Education Research*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/13504622.2021.1888887>
- Savery, J. R. (2006). Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>
- Setyobudiarso, H., & Yuwono, E. (2014). *RANCANG BANGUN ALAT PENJERNIH AIR LIMBAH CAIR LAUNDRY DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA PENYARING KOMBINASI PASIR-ARANG AKTIF*.
- Shi, Y., & Li, W. (2024). Empowering Education: Unraveling the Factors and Paths to Enhance Project-Based Learning Among Chinese College Students. *Sage Open*, 14(3). <https://doi.org/10.1177/21582440241276600>
- Suddendorf, T., & Corballis, M. C. (2007). The evolution of foresight: What is mental time travel, and is it unique to humans? *Behavioral and Brain Sciences*, 30(3), 299–313. <https://doi.org/10.1017/S0140525X07001975>
- Sujarweni, W. (2014). *Metodologi Penelitian* (1st ed.). Pustaka baru Press.
- Sujarwo. (2022). DEVELOPING 21st CENTURY SKILLS. *Edukasi IPS*, 6(2), 14–23. <https://doi.org/10.21009/EIPS.006.02.02>
- Sukma, S. Y., Zulyusri, Z., Ardi, A., & Alberida, H. (2022). Implementasi Pendekatan Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) dalam Pembelajaran dan Hubungannya dengan Kemampuan Berpikir Ilmiah Siswa. *AS-SABIQUN*, 4(4), 786–799. <https://doi.org/10.36088/assabiqun.v4i4.2053>
- Sundaram, R. (2015). TIES to STEM: University outreach model for teachers in K-12 STEM schools to be trained in engineering skills. *2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/FIE.2015.7344244>
- Takeda, K. (1999). Concept of “Skill” in the Field of Engineering Education and its Educational System. *Journal of JSEE*, 47(2), 7–14. https://doi.org/10.4307/jsee.47.2_7

- Thomas, J. W. (2000). *A REVIEW OF RESEARCH ON PROJECT-BASED LEARNING* The Autodesk Foundation 111 McInnis Parkway San Rafael, California. <http://www.autodesk.com/foundation>
- Tilbury, D. (2011). *Education for sustainable development: An expert review of processes and learning*.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000191442>
- 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, 102840.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2024.102840>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. Jossey-Bass.
- Umar, M. S. (2023). *PENGARUH PEMBELAJARAN PROJECT RAIN WATER PROCESSING BERBASIS STEM TERHADAP PENINGKATAN KESADARAN DAN AKSI PEDULI AIR BERSIH SISWA SMA*. UPI.
- UNEP. (2021). *Making Peace with Nature: A Scientific Blueprint to Tackle the Climate, Biodiversity and Pollution Emergencies*.
- UNESCO. (2004). *Report of the Inter-Agency Working Group on Life Skills in EFA*.
- UNESCO. (2017). *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives*. UNESCO Publishing.
- UNESCO. (2020). *Education for Sustainable Development: A Roadmap*. UNESCO Publishing.
- UNESCO. (2024). *What is education for sustainable development?* .
- Van der Werff, E., Steg, L., & Keizer, K. (2014). I Am What I Am, by Looking Past the Present. *Environment and Behavior*, 46(5), 626–657.
<https://doi.org/10.1177/0013916512475209>

- Vilmala, B. K., Karniawati, I., Suhandi, A., Permanasari, A., & Khumalo, M. (2022). A Literature Review of Education for Sustainable Development (ESD) in Science Learning: What, Why, and How. *Journal of Natural Science and Integration*, 5(1), 35. <https://doi.org/10.24014/jnsi.v5i1.15342>
- Vioreza, N., Hilyati, W., & Lasminingsih, M. (2023). Education for Sustainable Development: Bagaimana Urgensi dan Peluang Penerapannya pada Kurikulum Merdeka? *PUSAKA: Journal of Educational Review*, 1(1), 34–48. <https://doi.org/10.56773/pjer.v1i1.11>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wan Nor Azmi, W. N. A., Abd Wahid, N. H., Syed Azman, S. M., & Jayus, R. (2024). Integrating Sustainability into Curricula: A Systematic Review of Education for Sustainable Development. *E-Bangi Journal of Social Science and Humanities*, 20(4). <https://doi.org/10.17576/ebangi.2024.2104.09>
- Whitmarsh, L., & O'Neill, S. (2010). Green identity, green living? The role of pro-environmental self-identity in determining consistency across diverse pro-environmental behaviours. *Journal of Environmental Psychology*, 30(3), 305–314. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2010.01.003>
- Widodo, A. (2021). *Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Dasar-Dasar untuk Praktik*. UPI Press.
- World Intellectual Property Organization. (2023). Global Innovation Index 2023 Innovation in the face of uncertainty. In S. Dutta, B. Lanvin, S. Wunsch-Vincent, & L. R. León (Eds.), *Global Innovation Index* (16th ed.). WIPO.
- Yeh, H.-F., & Hsu, H.-L. (2019). Stochastic Model for Drought Forecasting in the Southern Taiwan Basin. *Water*, 11(10), 2041. <https://doi.org/10.3390/w11102041>