

**PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD DENGAN TEKNOLOGI
PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK MENJADI BIOETANOL
TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA**



SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Biologi*

Oleh:

Eva Sulistiyanti

NIM 2106344

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

**PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD DENGAN TEKNOLOGI
PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK MENJADI BIOETANOL
TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA**

Oleh
Eva Sulistiyanti

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

©Eva Sulistiyanti
Universitas Pendidikan Indonesia
2025

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
Skripsi Ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, difotokopi atau dengan cara lainnya tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD DENGAN TEKNOLOGI
PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK MENJADI BIOETANOL
TERHADAP KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI SISWA DI SMA**

EVA SULISTIYANTI

NIM 2106344

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I,



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

NIP. 196305011988031002

Pembimbing II,



Dr. Rini Solihat, M.Si.

NIP. 197902132001122001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Biologi



Dr. Kusnadi, M.Si.

NIP. 196805091994031001

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eva Sulistiyanti

NIM : 2106344

Program Studi : Pendidikan Biologi

Judul Karya : Pembelajaran Proyek STEM-ESD dengan Teknologi Pengolahan Limbah Organik menjadi Bioetanol 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, Agustus 2025
Yang membuat pernyataan,

Eva Sulistiyanti

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim.

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT., karena atas segala nikmat, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Pembelajaran Proyek STEM-ESD dengan Teknologi Pengolahan Limbah Organik Menjadi Bioetanol Terhadap Keterampilan Rekayasa dan Aksi Siswa Di SMA”. Tak lupa shalawat serta salam selalu tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, sahabatnya dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Skripsi ini dibuat dan disusun oleh penulis sebagai tugas akhir untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Program Studi Pendidikan Biologi di Universitas Pendidikan Indonesia. Dalam menyelesaikan skripsi ini melewati suka maupun duka dan berbagai cerita yang dilewati untuk memperjuangkan dengan sebaik mungkin. Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyelesaian skripsi ini. Dengan demikian penulis dapat melewati dan menikmati setiap proses penyusunan skripsi dari awal sampai akhir hingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu. Skripsi yang telah disusun, penulis persembahkan terkait hasil analisis, temuan dan model pembelajaran STEM yang terintegrasi dengan *Education For sustainable Development* (ESD) terhadap keterampilan rekayasa dan aksi siswa di Sekolah Menengah Atas.

Penulis menyadari bahwa skripsi yang telah disusun masih banyak kekurangan dan perlu diperbaiki. Dengan ini, penulis sangat terbuka jika terdapat saran, masukan dan kritik agar kedepannya jauh lebih baik lagi. Mudah-mudahan skripsi ini dapat bermanfaat kepada siapapun yang membaca untuk menambah pengetahuan dan informasi terutama berkaitan dengan pembelajaran proyek STEM-ESD, teknologi pengolahan limbah organik menjadi bioetanol, serta terhadap keterampilan rekayasa dan peningkatan aksi siswa di Sekolah Menengah Atas. Semoga dikemudian hari, skripsi yang telah disusun oleh penulis dapat menjadikan inspirasi maupun ide dan partisipasi yang dapat mengembangkan solusi

yang berkelanjutan terhadap berbagai masalah yang ada serta mendukung aksi-aksi nyata dengan prinsip SDGs.

Bandung, Agustus 2025

Eva Sulistiyanti

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillahirabbil'alamiin.

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan karunianya yang tidak pernah terputus. Karena dengan pertolongan dan izinnya penulis bisa menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Pembelajaran Proyek STEM-ESD dengan Teknologi Pengolahan Limbah Organik Menjadi Bioetanol terhadap Keterampilan Rekayasa dan Aksi Siswa di SMA” dengan sebaik mungkin. Selama proses menyusun skripsi ini penulis mendapatkan berbagai perjalanan dan rintangan, namun Allah SWT yang memberikan pertolongan, kemudahan dan kelancaran penulis untuk melewati semua proses dengan penuh kesabaran dan keikhlasan untuk selalu yakin dan terus berusaha. Dalam rangka penyampaian ucapan terima kasih dan apresiasi kepada semua pihak yang telah menjadi perantara-Nya dalam membantu dan memberikan dukungan agar bisa menyelesaikan skripsi ini, maka izinkan penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih pada lembar khusus ini kepada semua pihak yang terlibat yaitu kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Riandi, M.Si., selaku Dosen Pembimbing satu. Berkat semua bimbingan, saran, arahan dan motivasi serta dukungan yang sangat luar biasa diberikan, sehingga membuat penulis memperoleh pengetahuan dan wawasan baru selama proses penyusunan skripsi ini. Setiap ilmu yang diberikan sangat berharga, bermakna dan menjadi pengalaman yang baru bagi penulis untuk selalu berusaha menjadi yang lebih baik lagi.
2. Ibu Dr. Rini Solihat, M.Si. selaku Dosen Pembimbing dua. Berkat semua arahan, masukan, motivasi, dukungan, do’a, semangat dan tempat bercerita selama proses penyusunan skripsi ini, sehingga membuat penulis selalu bersemangat, pantang menyerah dan selalu sabar untuk menjalani serta mensyukuri setiap proses yang dilewati dengan sebaik mungkin.
3. Bapak Prof. Dr. Phil. H. Ari Widodo, M.Ed. selaku Ketua Tim Dosen Payung Penelitian STEM-ESD. Berkat semua bimbingan, masukan, saran, arahan, solusi dan dorongan yang luar biasa, sehingga penulis dapat mempelajari dan menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu dan sebaik mungkin. Penulis

memperoleh banyak ilmu, pengalaman dan nilai-nilai pada setiap proses yang dijalani dan dilewati selama penelitian ini.

4. Ibu Dosen Penguji yaitu Ibu Prof. Dr. Hj. Diana Rochintaniawati, M.Ed., Ibu Prof. Dr. Hj. Nuryani Rustaman, M.Pd., dan Ibu Dr. Yanti Hamdiyati, M.Si. yang telah bersedia untuk membaca dan memberikan saran, masukan serta rekomendasi agar skripsi ini dapat lebih baik lagi.
5. Ibu Dr. Eni Nuraeni, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan masukan, motivasi, arahan, do'a dan dukungan kepada penulis selama mengikuti perkuliahan dari awal hingga akhir, sehingga penulis dapat menyelesaikan masa studi selama delapan semester ini dengan tepat waktu.
6. Bapak Dr. Kusnadi, M.Si., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi FPMIPA UPI yang telah membantu penulis agar dapat merasakan fasilitas kampus yang terbaik.
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Pendidikan Biologi yang telah memberikan banyak ilmu yang bermanfaat, wawasan, pengetahuan dan pengalaman kepada penulis selama mengikuti empat tahun perkuliahan.
8. Bapak Riki Chaerul Anwar, S.Pd., selaku Guru Biologi SMA Negeri 1 Baleendah yang telah mengizinkan dan membantu penulis untuk melakukan uji instrumen penelitian di kelasnya.
9. Siswa-siswa kelas XI SMA Negeri 1 Baleendah yang telah bersedia dan bekerja sama untuk menjadi sampel uji instrumen penelitian.
10. Ibu Hj. Enok Nurjanah, M.Pd.I selaku Kepala Sekolah SMA Negeri 12 Bandung, Ibu Ita Nursinta, S.Pd., Ibu Ernawati, S.Pd., Ibu Saminah, S.Pd., Ibu Sanny Rosana, S.Pd.Gr., selaku Guru SMA Negeri 12 Bandung yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitiannya di kelas, memberikan dukungan, semangat dan kemudahan serta bantuan selama proses penelitian dan pengambilan data di sekolah.
11. Siswa-siswi kelas X-4 dan X-8 SMA Negeri 12 Bandung yang telah bekerja sama dan selalu bersedia menjadi sampel penelitian, atas segala bentuk kerja keras, semangat, usaha dan do'a yang selalu diberikan kepada penulis.

Menyelesaikan tugas dengan sebaik mungkin dengan antusias serta selalu bersemangat setiap pertemuan pembelajaran di kelas.

12. Rekan satu tim penelitian proyek STEM-ESD atas semua dukungan, bantuan dan teman berjuang bersama serta tempat bercerita selama proses penyusunan skripsi ini yaitu Nurani Yasvika Putri, Ihat Solihat, Chairani Azahra, Alya Syarianida, Qisthina Hunafa Qudsi, Lu'lu Luthfiyah, Astri Afifah, Ailsya Machira Berliana, Shiva Aulia Sari, Siti Nuraisyah, Fitri Kurniawati, Fildzah Nabiila, Sifa Pringgi. Kemudian kepada seluruh mahasiswa S2 dan S3 dibawah bimbingan Prof Ari yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis agar selalu berusaha dan berjuang.

13. Seluruh pihak yang telah membantu dan menginspirasi penulis dalam menyusun skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Terakhir, penulis persembahkan khusus ucapan terima kasih yang tak terhingga dan penulis ingin bahagiakan serta menjadi alasan penulis untuk selalu berusaha dan pantang menyerah untuk mencapai cita-cita yaitu Orangtua yang sangat penulis sayangi dan cintai yaitu Ibu Logiyem dan Bapak Parmin yang selalu memberikan kasih sayang, mendengarkan keluh kesah penulis, selalu mendo'akan setiap hari, memberikan nasihat, dukungan yang luar biasa, saran dan selalu ada serta menguatkan penulis untuk selalu sabar dalam melewati setiap prosesnya. Kepada seluruh keluarga Mbah Darmo Suwito yang telah memberikan motivasi, dukungan dan do'a sehingga penulis bisa melewati semua proses perjalanan dengan baik dan selalu bersyukur atas apa yang telah diberikan.

Bandung, Agustus 2025

Eva Sulistiyanti

ABSTRAK

Pembelajaran Proyek STEM-ESD dengan Teknologi Pengolahan Limbah Organik Menjadi Bioetanol terhadap Keterampilan Rekayasa dan Aksi Siswa di SMA

Eva Sulistiyanti

2106344

Penerapan pembelajaran dengan keterampilan rekayasa yang dimiliki oleh siswa di sekolah khususnya pada tingkat menengah masih rendah dan kurang memiliki kesadaran terhadap kepedulian lingkungan. Padahal keterampilan rekayasa tersebut dapat diterapkan sebagai kemampuan dalam memecahkan suatu masalah di lingkungan sebagai bentuk aksi yang bertanggung jawab. Permasalahan yang sering terjadi di lingkungan, khususnya pada wilayah dengan pertumbuhan populasi manusia serta pola gaya hidup yang semakin meningkat dan akan mengakibatkan tingginya jumlah konsumsi dan produksi sampah yang dihasilkan. Limbah ini perlu penanganan secara serius dan khusus agar tidak memberikan dampak yang buruk terhadap lingkungan sekitar, sehingga limbah anorganik maupun organik ini dapat dikonversi untuk dijadikan suatu energi alternatif yang ramah lingkungan untuk mewujudkan prinsip SDGs *responsible consumption and production*. Dibutuhkan pembelajaran yang cocok dengan bermuatan SDGs untuk diterapkan dikelas. Pembelajaran proyek STEM-ESD dengan teknologi pengolahan limbah organik menjadi bioetanol yang merupakan kegiatan pembelajaran berbasis desain teknik untuk membuat suatu teknologi sederhana sebagai upaya mengatasi permasalahan lingkungan. Tujuan dari penelitian ini untuk memperoleh informasi terkait pembelajaran proyek STEM-ESD dengan teknologi pengolahan limbah organik menjadi bioetanol terhadap keterampilan rekayasa dan peningkatan aksi siswa di SMA. Metode dan desain penelitian yang digunakan yaitu *pre eksperimen One Group Pre-test Post-test Design*. Penelitian ini dilakukan pada 71 siswa kelas X. Pengambilan data keterampilan rekayasa menggunakan rubrik (PBER) dan aksi siswa dengan kuesioner terkait SDGs. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran proyek STEM-ESD berhasil memunculkan keterampilan rekayasa siswa pada kategori baik dan level desainer berkembang (*Developing designer*) dengan nilai rata-rata sebesar 65 serta terdapat perubahan yang positif dengan adanya peningkatan aksi siswa sebesar 0,286. Penerapan pembelajaran proyek STEM-ESD ini dapat memberikan peran yang positif terhadap keterampilan rekayasa dan aksi siswa di sekolah untuk mencapai keberhasilan prinsip maupun nilai-nilai berkelanjutan pada prinsip SDGs. Rekomendasi penelitian selanjutnya untuk mengukur keterampilan rekayasa secara individu dan aksi siswa dibuat menjadi jurnal/*logbook* harian.

Kata Kunci: Pembelajaran Proyek STEM-ESD, Teknologi Pengolahan Limbah Organik, Bioetanol, Keterampilan Rekayasa Siswa, Aksi Siswa.

ABSTRACT

STEM-ESD Project Learning with Organic Waste Processing Technology into Bioethanol on Engineering Skills and Student Action in High School

Eva Sulistiyanti

2106344

The application of learning with engineering skills possessed by students in schools, especially at the secondary level, is still low and lacks awareness of environmental concerns. In fact, these engineering skills can be applied as an ability to solve an environmental problem as a form of responsible action. Problems that often occur in the environment, especially in areas with human population growth and increasing lifestyle patterns and will result in high amounts of consumption and waste production. This waste requires serious and special handling so as not to have a negative impact on the surrounding environment, so that inorganic and organic waste can be converted into an environmentally friendly alternative energy to realize the principle of SDGs responsible consumption and production. Learning that is suitable with SDG content is needed to be applied in the classroom. STEM-ESD project learning with organic waste processing technology into bioethanol is an engineering design-based learning activity to create a simple technology as an effort to overcome environmental problems. The purpose of this study was to obtain information related to STEM-ESD project learning with organic waste processing technology into bioethanol on engineering skills and improving student action in high school. The method and research design used were pre-experimental One Group Pre-test Post-test Design. This study was conducted on 71 students of grade X. Data collection of engineering skills using a rubric (PBER) and student actions with questionnaires related to SDGs. The results of the study showed that STEM-ESD project learning succeeded in bringing out students' engineering skills in the good category and the developing designer level (Developing designer) with an average value of 65 and there were positive changes with an increase in student actions of 0.286. The implementation of STEM-ESD project learning can provide a positive role in engineering skills and student actions in schools to achieve the success of sustainable principles and values in the SDGs principles. Further research recommendations to measure engineering skills individually and student actions are made into a daily journal/logbook.

Keyword: *STEM-ESD Project Learning, Organic Waste Processing Technology, Bioethanol, Student Engineering skills, Student Action.*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	10
1.3 Tujuan Penelitian	10
1.4 Manfaat Penelitian	11
1.5 Batasan Penelitian	11
1.6 Asumsi Penelitian	13
1.7 Hipotesis Penelitian.....	13
1.8 Struktur Organisasi Skripsi	13
BAB II PEMBELAJARAN PROYEK STEM-ESD DENGAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK MENJADI BIOETANOL DENGAN KETERAMPILAN REKAYASA DAN AKSI.....	16
2.1 Pembelajaran Proyek STEM-ESD dengan Teknologi Pengolahan Limbah Organik Menjadi Bioetanol.....	16
2.2 Keterampilan Rekayasa Siswa	24
2.2.1 Fase Masalah.....	27
2.2.2 Fase Solusi	27
2.2.3 Fase Implementasi	28
2.2.4 Fase Manajemen Proses	28
2.3 Aksi Siswa.....	29
BAB III METODE PENELITIAN.....	32
3.1 Metode dan Desain Penelitian.....	32
3.1.1 Metode Penelitian	32
3.1.2 Desain Penelitian	32
3.2 Populasi dan Sampel	34

3.3 Definisi Operasional.....	34
3.4 Instrumen Penelitian.....	37
3.4.1 Instrumen Keterampilan Rekayasa	38
3.4.2 Instrumen Aksi Siswa	39
3.4.3 Instrumen Tambahan Wawancara.....	48
3.4.4 Instrumen Tambahan Lembar Keterlaksanaan Pembelajaran.....	49
3.5 Prosedur Penelitian.....	54
3.5.1 Persiapan Penelitian	54
3.5.2 Pengumpulan Data	56
3.5.3 Mengolah dan Analisis Data	59
3.5.4 Interpretasi, Pembahasan dan Kesimpulan	59
3.6 Analisis Data	59
3.6.1 Analisis Data Keterampilan Rekayasa	60
3.6.2 Analisis Data Aksi Siswa	62
3.7 Prosedur Penelitian.....	64
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	67
4.1 Keterampilan Rekayasa Siswa terkait Teknologi Pengolahan Limbah Organik Menjadi Bioetanol.....	67
4.1.1 Mengidentifikasi Permasalahan	85
4.1.2 Menganalisis Dampak Permasalahan	96
4.1.3 Merumuskan Rencana Penanggulangan	102
4.1.4 Menganalisis Kekurangan Alat Destilasi.....	107
4.1.5 Memikirkan Berbagai Ide Solusi	112
4.1.6 Menentukan Ukuran Setiap Komponen Bahan.....	117
4.1.7 Menentukan Bentuk Alat Destilasi	120
4.1.8 Mempertimbangkan Bahan/Material Yang Digunakan	123
4.1.9 Mempertimbangkan Bahan Substrat Yang Akan Difermentasi.....	126
4.1.10 Menentukan Prinsip Kerja Serta Prosedur Alat Destilasi	129
4.1.11 Menentukan dan Mempertimbangkan Beberapa Kriteria Dalam Prinsip Fermentasi	135
4.1.12 Merencanakan dan Menghitung Pengeluaran Anggaran Biaya.....	141
4.1.13 Menentukan Solusi Terbaik dengan Mempertimbangkan Fungsionalitas.....	146
4.1.14 Memilih Solusi Terbaik Dengan Mempertimbangkan Orisinalitas ..	153
4.1.15 Membuat Desain Prototipe Alat Destilasi.....	159

4.1.16 Membuat Prototipe Alat Destilasi Sederhana	165
4.1.17 Menguji Coba Prototipe Alat Destilasi	171
4.1.18 Membuat Sistem Kinerja Alat Destilasi	192
4.1.19 Memperkirakan Keuntungan Dari Alat.....	200
4.1.20 Memperkirakan Kontribusi Alat Terhadap Lingkungan.....	201
4.1.21 Mempresentasikan Hasil Uji Coba Alat Destilasi.....	203
4.1.22 Menuliskan Laporan Berupa LKPD	205
4.1.23 Melaksanakan Kegiatan Sesuai Dengan Timeline.....	208
4.1.24 Mengumpulkan Laporan LKPD.....	211
4.2 Aksi Siswa terkait SDGs <i>Responsible Consumption and Production</i>	213
4.2.1 Tindakan Masa Lalu	222
4.2.2 Tindakan Masa Sekarang	226
4.2.3 Tindakan Masa Depan	230
4.2.4 Capaian Kompetensi	233
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN.....	237
5.1 Simpulan	237
5.2 Implikasi.....	238
5.3 Saran.....	239
DAFTAR PUSTAKA	241
LAMPIRAN.....	253

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Model dan Tahapan Pembelajaran Proyek STEM-ESD.....	18
Tabel 3.1 Desain Penelitian <i>One Group Pre-test Post-test Design</i>	33
Tabel 3.2 Kisi-kisi Instrumen Keterampilan Rekayasa Siswa	39
Tabel 3.3 Kisi-kisi Instrumen Aksi Siswa terkait SDGs ke-12 <i>Responsible Consumption and Production</i> Sebelum Uji Validitas dan Reliabilitas .	41
Tabel 3.4 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Aksi Siswa terkait SDGs ke-12 <i>Responsible Consumption and Production</i>	42
Tabel 3.5 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Aksi Capaian Kompetensi	44
Tabel 3.6 Kisi-kisi Instrumen Aksi Siswa SDGs ke-12 <i>Responsible Consumption and Production</i> Sesudah Uji Validitas dan Reliabilitas	45
Tabel 3.7 Rekapitulasi Hasil Akhir Uji Coba Instrumen Aksi Siswa per Masa Terkait SDGs ke-12 <i>Responsible Consumption and Production</i>	46
Tabel 3.8 Rekapitulasi Hasil Akhir Uji Coba Instrumen Aksi Capaian Kompetensi Terkait SDGs ke-12 <i>Responsible Consumption and Production</i>	46
Tabel 3.9 Contoh Butir Pernyataan Instrumen Aksi Siswa Pada Tindakan Masa dan Capaian Kompetensi	47
Tabel 3.10 Kisi-Kisi Pertanyaan Dalam Wawancara	48
Tabel 3.11 Rincian Kisi-Kisi Lembar Keterlaksanaan Aktivitas Guru	49
Tabel 3.12 Rincian Kisi-Kisi Lembar Keterlaksanaan Aktivitas Siswa.....	52
Tabel 3.13 Tahapan Kegiatan Pembelajaran Proyek STEM-ESD	57
Tabel 3.14 Kategori Penilaian Keterampilan Rekayasa Berdasarkan Kriteria Kinerja yang Terpenuhi	61
Tabel 3.15 Kategori Penilaian Keterampilan Rekayasa Siswa Berdasarkan Level atau Tingkatannya.....	62
Tabel 3.16 Kategori Skor <i>N-Gain</i>	64
Tabel 3.17 Prosedur Penelitian.....	64
Tabel 4.1 Hasil Rata-Rata Penilaian (Persentase) Keterampilan Rekayasa Siswa Setiap Kelompok Berdasarkan Rubrik Penilaian Keterampilan Rekayasa (<i>engineering design process</i>) Proyek STEM-ESD.....	71
Tabel 4.2 Keterlaksanaan Kegiatan Setiap Kelompok Pada Indikator Mengidentifikasi Masalah Lingkungan	87
Tabel 4.3 Hasil Jawaban Siswa Setiap Kelompoknya Terkait Pendefinisian Masalah pada Dampak yang Terjadi Di Lingkungan	98
Tabel 4.4 Hasil Jawaban Siswa Setiap Kelompoknya Terkait Rencana Penanggulangan Permasalahan Lingkungan	104
Tabel 4.5 Hasil Jawaban Siswa Setiap Kelompoknya Terkait Menganalisis Kekurangan Alat.....	107
Tabel 4.6 Hasil Jawaban Siswa Setiap Kelompoknya Terkait Memikirkan Berbagai Ide Solusi.....	112
Tabel 4.7 Hasil Jawaban Siswa Setiap Kelompoknya Terkait Menentukan Prosedur dan Prinsip Kerja Alat	130
Tabel 4.8 Rincian Ketentuan Prinsip Fermentasi yang Ditentukan oleh Seluruh Kelompok	137

Tabel 4.9 Rincian Rancangan Anggaran Biaya yang Dikeluarkan Seluruh Kelompok	142
Tabel 4.10 Rincian Jawaban Seluruh Kelompok pada Indikator Menentukan Solusi Terbaik dengan Mempertimbangkan Fungsionalitas.....	148
Tabel 4.11 Rincian Jawaban Seluruh Kelompok pada Indikator Menentukan Solusi Berdasarkan Orisinalitas Alat yang akan Dibuat.....	155
Tabel 4.12 Desain Gambar Prototipe Alat Destilasi Seluruh Kelompok	161
Tabel 4.13 Hasil Desain Prototipe Alat Destilasi yang Dibuat oleh Setiap Kelompok	167
Tabel 4.14 Rincian Hasil Uji Coba Kebergunaan Alat Destilasi yang Dibuat oleh Seluruh Kelompok.....	172
Tabel 4.15 Hasil Bioetanol yang Didapatkan oleh Setiap Kelompok dari Uji Coba Alat Destilasi Sederhana yang Dibuat	175
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Cairan Bioetanol yang dimiliki oleh setiap kelompok	180
Tabel 4.17 Hasil Uji Coba Adanya Kandungan Etanol dengan Menggunakan Larutan Kalium Dikromat pada Setiap Bioetanol yang Dihasilkan oleh Seluruh Kelompok.....	183
Tabel 4.18 Rincian Perancangan Desain Alat Destilasi dan Hasil Uji Coba Bioetanol Pada Kelompok 3E.....	186
Tabel 4.19 Rincian Perancangan Desain Alat Destilasi dan Hasil Uji Coba Bioetanol Pada Kelompok 5E.....	188
Tabel 4.20 Rincian Perancangan Desain Alat Destilasi dan Hasil Uji Coba Bioetanol Pada Kelompok 6S.....	190
Tabel 4.21 Rincian Hasil Sistem Kinerja Alat Destilasi yang Dibuat oleh Seluruh Kelompok	194
Tabel 4.22 Rincian Hasil Gambar Perbaikan Desain Seluruh Kelompok.....	196
Tabel 4.23 Analisis Deskriptif <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Aksi Siswa	214
Tabel 4.24 Hasil Uji N-Gain Berdasarkan Data <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Secara Keseluruhan terkait Aksi Siswa	216
Tabel 4.25 Hasil Uji N-Gain Berdasarkan Data <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> pada Tindakan Masa Lalu terkait Aksi Siswa	224
Tabel 4.26 Hasil Uji N-Gain Berdasarkan Data <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> pada Tindakan Masa Sekarang terkait Aksi Siswa	228
Tabel 4.27 Hasil Uji N-Gain Berdasarkan Data <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> pada Tindakan Masa Depan terkait Aksi Siswa	231
Tabel 4.28 Hasil Uji N-Gain Berdasarkan Data <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> pada Capaian Kompetensi terkait Aksi Siswa.....	234

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alat Destilasi Sederhana Skala Laboratorium.....	22
Gambar 4.1 Persentase Ketercapaian Indikator Mengidentifikasi Masalah pada Fase Masalah Keterampilan Rekayasa Siswa	86
Gambar 4.2 Dokumentasi Kegiatan Observasi Siswa di Lingkungan Sekitar.....	88
Gambar 4.3 Jawaban LKPD Perwakilan Kelompok Pada Indikator Mengidentifikasi Masalah dengan Observasi Secara Langsung.....	90
Gambar 4.4 Jawaban Kelompok Pada Indikator Mengidentifikasi Masalah dengan Observasi Secara Langsung	91
Gambar 4.5 Jawaban Kelompok 5E dan 2S Pada Indikator Mengidentifikasi Masalah dengan Observasi Secara Langsung	93
Gambar 4.6 Jawaban Kelompok 3E dan 3S Pada Indikator Mengidentifikasi Masalah dengan Melakukan Studi Literatur	94
Gambar 4.7 Jawaban Kelompok 2S Pada Indikator Mengidentifikasi Masalah dengan Melakukan Studi Literatur.....	95
Gambar 4.8 Persentase Ketercapaian Indikator Menganalisis Dampak pada Fase Masalah Keterampilan Rekayasa Siswa terkait Prototipe Alat yang Telah Dibuat.....	97
Gambar 4.9 Dokumentasi Perwakilan Kelompok Siswa Sedang Berdiskusi	100
Gambar 4.10 Dokumentasi Jawaban Kelompok 6E pada Indikator Menganalisis Dampak Permasalahan Lingkungan Akibat Limbah Organik	101
Gambar 4.11 Dokumentasi Jawaban Kelompok 1E pada Indikator Menganalisis Dampak Permasalahan Lingkungan Akibat Limbah Organik	102
Gambar 4.12 Persentase Ketercapaian Indikator Merumuskan Rencana Penanggulangan Permasalahan Lingkungan Pada Fase Masalah Keterampilan Rekayasa Siswa	103
Gambar 4.13 Dokumentasi Jawaban Kelompok 1E pada Indikator Merumuskan Rencana Penanggulangan Permasalahan Lingkungan Akibat Limbah Organik	105
Gambar 4.14 Dokumentasi Jawaban Kelompok 3E dan 6E pada Indikator Merumuskan Rencana Penanggulangan Permasalahan Lingkungan Akibat Limbah Organik	106
Gambar 4.15 Persentase Ketercapaian Indikator Menganalisis Kekurangan Alat Destilasi Pada Fase Masalah Keterampilan Rekayasa Siswa	108
Gambar 4.16 Hasil Jawaban Kelompok 3E dan 1E pada Indikator Menganalisis Kekurangan Alat Destilasi Pada Fase Masalah Keterampilan Rekayasa Siswa	110
Gambar 4.17 Perwakilan Kelompok Siswa Sedang Mempelajari Alat Destilasi.	111
Gambar 4.18 Persentase Ketercapaian Indikator Memikirkan Berbagai Ide Pada Fase Solusi Keterampilan Rekayasa Siswa.....	113
Gambar 4.19 Hasil Jawaban Perwakilan Kelompok Siswa pada Indikator Memikirkan Berbagai Ide Solusi untuk Mengatasi Kekurangan Alat Destilasi Pada Fase Solusi dalam Keterampilan Rekayasa Siswa	115
Gambar 4.20 Hasil Jawaban Perwakilan Kelompok Siswa pada Indikator Memikirkan Berbagai Ide Solusi untuk Mengatasi Kekurangan Alat Destilasi Pada Fase Solusi dalam Keterampilan Rekayasa Siswa	116

Gambar 4.21 Persentase Ketercapaian Indikator Menentukan Ukuran Setiap Komponen Bahan pada Fase Solusi Keterampilan Rekayasa Siswa	117
Gambar 4.22 Hasil Jawaban Perwakilan Kelompok Siswa pada Indikator Menentukan Ukuran Bahan Pada Fase Solusi dalam Keterampilan Rekayasa Siswa.....	118
Gambar 4.23 Persentase Ketercapaian Indikator Menentukan Bentuk Alat Destilasi pada Fase Solusi Keterampilan Rekayasa Siswa	120
Gambar 4.24 Hasil Jawaban Kelompok 5E dalam Indikator Menentukan Bentuk Alat Destilasi Pada Fase Solusi Keterampilan Rekayasa Siswa	121
Gambar 4.25 Hasil Jawaban Kelompok 2S dalam Indikator Menentukan Bentuk Alat Destilasi Pada Fase Solusi Keterampilan Rekayasa Siswa	122
Gambar 4.26 Persentase Ketercapaian Indikator Mempertimbangkan Bahan/Material yang Digunakan pada Fase Solusi Keterampilan Rekayasa Siswa.....	124
Gambar 4.27 Hasil Jawaban Kelompok 5E dalam Indikator Mempertimbangkan Bahan/Material yang Digunakan dalam Membuat Alat Destilasi Pada Fase Solusi Keterampilan Rekayasa Siswa.....	125
Gambar 4.28 Persentase Ketercapaian Indikator Mempertimbangkan Bahan Substrat Fermentasi pada Fase Solusi Keterampilan Rekayasa Siswa .	127
Gambar 4.29 Hasil Jawaban Kelompok 3E dan 5E dalam Indikator Mempertimbangkan Bahan Substrat yang Akan Difermentasi Pada Fase Solusi Keterampilan Rekayasa Siswa	129
Gambar 4.30 Persentase Ketercapaian Indikator Menentukan Prinsip Kerja dan Prosedur Alat Destilasi pada Fase Solusi Keterampilan Rekayasa Siswa	131
Gambar 4.31 Contoh Hasil Jawaban Kelompok Mengenai Prinsip Kerja Alat Destilasi.....	132
Gambar 4.32 Contoh Hasil Jawaban Perwakilan Kelompok Mengenai Prosedur Pembuatan Alat Destilasi	134
Gambar 4.33 Persentase Ketercapaian Indikator Menentukan dan Mempertimbangkan Prinsip Fermentasi pada Fase Solusi Keterampilan Rekayasa Siswa.....	136
Gambar 4.34 Contoh Hasil Jawaban Perwakilan Kelompok pada indikator Menentukan dan Mempertimbangkan Prinsip Fermentasi.	139
Gambar 4.35 Persentase Ketercapaian Indikator Merencanakan dan Menghitung Pengeluaran Anggaran Biaya pada Fase Solusi Keterampilan Rekayasa Siswa	141
Gambar 4.36 Contoh Hasil Jawaban Perwakilan Kelompok pada Indikator Merencanakan Anggaran Biaya	145
Gambar 4.37 Persentase Ketercapaian Indikator Menentukan Solusi Terbaik Berdasarkan Fungsionalitas pada Fase Solusi Keterampilan Rekayasa Siswa	147
Gambar 4.38 Contoh Hasil Jawaban Perwakilan Kelompok pada Indikator Menentukan Solusi Terbaik dengan Mempertimbangkan Fungsionalitas	150

Gambar 4.39 Persentase Ketercapaian Indikator Memilih Solusi Terbaik Berdasarkan Orisinalitas pada Fase Solusi Keterampilan Rekayasa Siswa	154
Gambar 4.40 Contoh Hasil Jawaban Kelompok Terendah pada Indikator Menentukan Solusi Terbaik dengan Mempertimbangkan Orisinalitas .	156
Gambar 4.41 Persentase Ketercapaian Indikator Membuat Desain Prototipe Alat Destilasi pada Fase Implementasi Keterampilan Rekayasa Siswa	160
Gambar 4.42 Hasil Desain Gambar Alat Destilasi Sederhana Kelompok 6S	164
Gambar 4.43 Siswa Bersama dengan Kelompok Melakukan Pembuatan Alat Destilasi Sederhana	165
Gambar 4.44 Persentase Ketercapaian Indikator Membuat Prototipe Alat Destilasi pada Fase Implementasi Keterampilan Rekayasa Siswa	166
Gambar 4.45 Persentase Ketercapaian Indikator Menguji Coba Prototipe Alat Destilasi pada Fase Implementasi Keterampilan Rekayasa Siswa	171
Gambar 4.46 Jawaban LKPD Kelompok 3E pada Bagian Hasil Uji Coba Alat.	187
Gambar 4.47 Persentase Ketercapaian Indikator Membuat Sistem Kinerja Prototipe Alat Destilasi pada Fase Implementasi Keterampilan Rekayasa Siswa	193
Gambar 4.48 Persentase Ketercapaian Indikator Memperkirakan Keuntungan Prototipe Alat Destilasi pada Fase Implementasi Keterampilan Rekayasa Siswa	200
Gambar 4.49 Persentase Ketercapaian Indikator Memperkirakan Kontribusi Prototipe Alat Destilasi terhadap Lingkungan pada Fase Implementasi Keterampilan Rekayasa Siswa	202
Gambar 4.50 Persentase Ketercapaian Indikator Mempresentasikan Hasil Uji Coba Alat pada Fase Implementasi Keterampilan Rekayasa Siswa	203
Gambar 4.51 Dokumentasi Perwakilan Kelompok yang Mempresentasikan Hasil Uji Coba Alat pada Fase Implementasi Keterampilan Rekayasa Siswa	204
Gambar 4.52 Persentase Ketercapaian Indikator Menuliskan Laporan Berupa LKPD pada Fase Implementasi Keterampilan Rekayasa Siswa	206
Gambar 4.53 Kelompok Siswa Melakukan Diskusi Untuk Menjawab Pertanyaan LKPD	207
Gambar 4.54 Persentase Ketercapaian Indikator Melaksanakan Kegiatan Sesuai Dengan Timeline pada Fase Manajemen Proses Keterampilan Rekayasa Siswa	208
Gambar 4.55 <i>Timeline</i> Kegiatan Perwakilan Kelompok Siswa Selama Pembelajaran Proyek STEM-ESD	211
Gambar 4.56 Persentase Ketercapaian Indikator Mengumpulkan Laporan LKPD pada Fase Manajemen Proses Keterampilan Rekayasa Siswa	212
Gambar 4.57 Persentase Jumlah Siswa Berdasarkan Kategori Nilai <i>N-Gain</i> Aksi Secara Keseluruhan	218
Gambar 4.58 Hasil Perubahan Nilai Aksi Siswa Per Individu	220
Gambar 4.59 Rata-Rata Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Aksi Siswa pada Tindakan Masa Lalu	223
Gambar 4.60 Persentase Jumlah Siswa Berdasarkan Kategori Nilai <i>N-Gain</i> Aksi Tindakan Masa Lalu	225

Gambar 4.61 Rata-Rata Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Aksi Siswa pada Tindakan Masa Sekarang	227
Gambar 4.62 Persentase Jumlah Siswa Berdasarkan Kategori Nilai N-Gain Aksi Tindakan Masa Sekarang	229
Gambar 4.63 Rata-Rata Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Aksi Siswa pada Tindakan Masa Depan	231
Gambar 4.64 Persentase Jumlah Siswa Berdasarkan Kategori Nilai N-Gain Aksi Tindakan Masa Depan	233
Gambar 4.65 Rata-Rata Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Aksi Siswa pada Capaian Kompetensi	234
Gambar 4.66 Persentase Jumlah Siswa Berdasarkan Kategori Nilai N-Gain Aksi Capaian Kompetensi	235

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.1 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen Aksi Siswa terkait SDGs Responsible Consumption and Production.....	253
Lampiran A.2 Hasil Uji Keterbacaan Instrumen Aksi per Masa terkait SDGs ke-12 Responsible Consumption and Production	257
Lampiran A.3 Hasil Uji Keterbacaan Instrumen Aksi Capaian Kompetensi terkait SDGs ke-12 Responsible Consumption and Production.....	260
Lampiran A.4 Kisi-kisi Instrumen Kuesioner Aksi Siswa terkait SDGs Responsible Consumption and Production yang Digunakan	263
Lampiran A.5 Tabel Pemetaan Matriks ESD Learning Goals Responsible Consumption and Production.....	264
Lampiran B.1 Modul Ajar Pembelajaran Proyek STEM-ESD	265
Lampiran B.2 Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran Kegiatan Guru.	285
Lampiran B.3 Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran Kegiatan Siswa	294
Lampiran B.4 Catatan Penelitian	297
Lampiran B.5 Pertanyaan Wawancara	297
Lampiran C.1 Lembar Kerja Siswa.....	299
Lampiran C.2 Rincian Hasil Penilaian Keterampilan Rekayasa Siswa Setiap Kelompok Berdasarkan Rubrik Penilaian Keterampilan Rekayasa (engineering design process) Proyek STEM-ESD	309
Lampiran C.3 Tabulasi Skor dan Rata-Rata Nilai Kuesioner Aksi Terkait SDGs Responsible Consumption and Production	313
Lampiran C.4 Data Pola Perubahan Aksi Siswa Berdasarkan Nilai Posttest.....	321
Lampiran C.5 Uji N-Gain pada Data Pretest dan Posttest Aksi Siswa terkait SDGs Responsible Consumption and Production	323
Lampiran C.6 Kategorisasi Siswa terkait Hasil Pretest dan Posttest Aksi Keseluruhan berdasarkan Nilai Skor N-Gain.....	328
Lampiran D.1 Perhitungan Observasi Keterlaksanaan Kegiatan Pembelajaran .	338
Lampiran D.2 Tabulasi Skor Lembar Keterlaksanaan Pembelajaran Aktivitas Siswa Setiap Pertemuan	342
Lampiran D.3 Hasil jawaban LKPD Siswa.....	345
Lampiran D.4 Surat izin penelitian	353
Lampiran D.5 Surat Keterangan Bukti Melaksanakan Penelitian	354
Lampiran D.6 Dokumentasi penelitian	355

DAFTAR PUSTAKA

- A. Widiyatmoko *et al.* (2012). Pembelajaran Berbasis Proyek Untuk Mengembangkan Alat Peraga Ipa Dengan Memanfaatkan Bahan Bekas Pakai. *Pendidikan IPA Indonesia*, 51–56.
- Abdurrahman, A., Maulina, H., Nurulsari, N., Sukamto, 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). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15100>
- Adrina, P., Fatisa, Y., Studi Pendidikan Kimia, P., Tarbiyah dan Keguruan, F., & Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, U. (2024). BIFOWREN (Bioethanol From Organic Waste As Renewable Energy). *Journal Of Research and Education Chemistry*. [https://doi.org/10.25299/jrec.2024.vol6\(2\).17325](https://doi.org/10.25299/jrec.2024.vol6(2).17325)
- Afifah, A. N., Ilmiyati, N., & Toto, T. (2019). Model Project Based Learning (Pjbl) Berbasis Stem Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 11(2), 73. <https://doi.org/10.25134/quagga.v11i2.1910>
- Afnan, M., Lubis, Y., & Tanggasari, D. (2024). Utilization of Organic Waste as Raw Material for Making Bioethanol with Varying Concentrasions of Yeast (*Saccharomycess Cerevisiae*). *Journal Protech Biosystems*, 4(1), 10–17. <https://doi.org/10.31764>
- Afni, N., Agung, M., Fitk, R., Sunan, U., & Yogyakarta, K. (2018). Literasi Sains Siswa Kelas V Di Min Tanuraksan Kebumen. *Jurnal Pendidikan Dasar Islam*, 10, 1. <https://doi.org/10.15294/usej.v5i1.9650>
- Agustin E. E *et al*, M. W. (2020). Hubungan Pengetahuan Lingkungan Terhadap Sikap Dan Perilaku Peduli Lingkungan Pada Siswa Sman 5 Jember Tahun Pelajaran 2018/2019. *Pendidikan Biologi*, 1(2), 81–90.
- Agustina, E., Ika Safitri, G., Intan Fatiha, I., Iqbal Pratama, M., Safitri, R., Andiarna, F., & Hidayati, I. (2021). Jurnal Teknik Kimia-USU Utilization of Fruit Peels and Vegetable Waste as Bioethanol Fuel with Variation of Catalyst Concentration. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 10(1), 45–50. <https://talenta.usu.ac.id/jtk>
- Aini, M., & Aini, M. (2023). Enhancing Creative Thinking And Communication Skills Through Engineering Design Process (EDP) Learning Model: A Case Study. *BIOEDUKASI*, 21(1), 21. <https://doi.org/10.19184/bioedu.v21i1.38022>
- Aini, S. N., Munahefi, D. N., Pramasdyahsari, A. S., & Setyowati, R. D. (2024a). *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika Engineering Design Process STEM: Proyek Miniatur Gazebo Joglo*. 7, 37–43. <https://proceeding.unnes.ac.id/prisma>

- Aini, S. N., Munahefi, D. N., Pramasdyahsari, A. S., & Setyowati, R. D. (2024b). *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika Engineering Design Process STEM: Proyek Miniatur Gazebo Joglo*. 7, 37–43. <https://proceeding.unnes.ac.id/prisma>
- Ainisyifa N Z. (2024). Pengaruh Pembelajaran Proyek Stem-Esd Sdgs Zero Hunger Terhadap Kreativitas Dan Aksi Siswa Di *Islamic Boarding School*.
- Alcántara-Rubio, L., Valderrama-Hernández, R., Solís-Espallargas, C., & Ruiz-Morales, J. (2022). The implementation of the SDGs in universities: a systematic review. *Environmental Education Research*, 28(11), 1585–1615. <https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2063798>
- Alfan Nugroho, M. (2022). Konsep Pendidikan Lingkungan Hidup: Upaya Penanaman Kesadaran Lingkungan. In *Jurnal Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah* (Vol. 1, Issue 2). <http://urj.uin-malang.ac.id/index.php/ijpgmi>
- Amaliah, H., Bioetanol, A.-P., Fraksi, D., Sampah, O., Makassar, K., & Azis, H. A. (2019). Pembuatan Bioetanol Dari Fraksi Organik Sampah Kota Makassar. In *Jurnal Sains dan Teknologi UTS* (Vol. 2, Issue 1).
- Amirudin, et. al A., & Istiqlaliyah, H. (2018). Rancang Bangun Destilator Bioetanol Model Refluk untuk Mengolah Sampah Organik.
- Anggraeni, R., & Syafira, H. (2024). *Melatih Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Smp Melalui Pembelajaran Berdiferensiasi Berbasis Proyek Terintegrasi Stem*.
- Anggraini, F. I., & Huzafah, S. (2017). Implementasi STEM dalam pembelajaran IPA di Sekolah Menengah Pertama.
- Aninda, A., Permanasari, A., Ardianto, D., & Kab Bogor, C. (2019). Implementasi Pembelajaran Berbasis Proyek Pada Materi Pencemaran Lingkungan Untuk Meningkatkan Literasi Stem Siswa Sma. In *Journal of Science Education And Practice* (Vol. 3). <https://journal.unpak.ac.id/index.php/jsep>
- Anisah Deby *et al*, H. A. W. (2014). Pemanfaatan Sampah Sayuran Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol.
- 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 Siswa. *Journal Visipena*, 13(1), 42–53. <https://ejournal.bbg.ac.id/visipena>
- Ardiansyah, M., Fitri Deswalita, A., & Taai, D. Prosiding National Conference for Community Service Project (NaCosPro). <http://journal.uib.ac.id/index.php/nacospro>
- Arifianto, D., Jaya Suwondo, A., Hasan Abdullah, M., Wahyu Octavia, C., Hindratmo, A., Purnamayudhia, O., & Staff Indomulti Jaya Steel, E. P. (2023). Perancangan Alat Destilasi Limbah Ampas Tahu Menjadi Bahan Bakar

- Bioethanol Melalui Metode Quality Function Deployment (Qfd). In *T The Journal of System Engineering and Technological Innovation* (Vol. 02, Issue 01).
- Ariyani Tri *et al*, C. S. R. M. (2015). Pembuatan Bioetanol dengan Proses Fermentasi Nira Aren Menggunakan *Saccharomyces cereviceae* dengan Variasi pH Awal dan Waktu Fermentasi. In *JOM FTEKNIK* (Vol. 2, Issue 1).
- Arık, M., & Topçu, M. S. (2022). Implementation of Engineering Design Process in the K-12 Science Classrooms: Trends and Issues. In *Research in Science Education* (Vol. 52, Issue 1, pp. 21–43). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09912-x>
- Astuti, I. D., Toto, T., & Yulisma, L. (2019). Model Project Based Learning (Pjbl) Terintegrasi Stem Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Dan Aktivitas Belajar Siswa. *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 11(2), 93. <https://doi.org/10.25134/quagga.v11i2.1915>
- Atman, C. J., Adams, R. S., Cardella, M. E., Turns, J., Mosborg, S., & Saleem, J. (2007b). Engineering design processes: A comparison of students and expert practitioners. *Journal of Engineering Education*, 96(4), 359–379. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2007.tb00945.x>
- Berland, L., Steingut, R., & Ko, P. (2014). High School Student Perceptions of the Utility of the Engineering Design Process: Creating Opportunities to Engage in Engineering Practices and Apply Math and Science Content. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 705–720. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9498-4>
- Chiang, F. K., Chang, C. H., Wang, S., Cai, R. H., & Li, L. (2022a). The effect of an interdisciplinary STEM course on children's attitudes of learning and engineering design skills. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(1), 55–74. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09603-z>
- Chien, Y. H., Liu, C. Y., Chan, S. C., & Chang, Y. S. (2023). Engineering design learning for high school and college first-year students in a STEM battlebot design project. *International Journal of STEM Education*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00403-0>
- Crismond & Adams, R. (2012). The informed design teaching and learning matrix. *Journal of engineering education*. (Vol 101, pp. 738-797)
- Deby Anisah, H. A. W. (2014). Pemanfaatan Sampah Sayuran Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol. *Jurnal Konversi*, 3.
- Destami, L., Rahim, M. E., Fazira, N. K., Sholihah, N., & Rizkiana, N. (2024). Implementasi SDGs Pada Anak Usia Sekolah Dasar Melalui BerLiMPah (Bersama Lima Menit Pungut Sampah). *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4, 47. <https://mathjournal.unram.ac.id/index.php/Rengganis/index>

- Dianti, T. A. S., Pamelasari, S. D., & Hardianti, R. D. (2023). Penerapan Pembelajaran Berbasis Proyek Dengan Pendekatan Stem Terhadap Peningkatan Kemampuan Literasi Sains Siswa.
- English, L. D., & King, D. T. (2015a). 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>
- English, L. D., & King, D. T. (2015b). 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>
- Faizah *et al.* (2024). Pendidikan Berkelanjutan Berbasis Konservasi dan Teknologi Sebagai Aksi Nyata Dalam Mewujudkan SDGs. *Penelitian Ilmu-Ilmu Sosial*.
- 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>
- Fitri, A., Aprida, D., Nuriyah, S., Annur, S., & Fuad Sya'ban, M. (2025). Tren Etno-STEM dalam Pembelajaran IPA di Indonesia: Analisis Bibliometrik pada Database Google Scholar. In *Hamzanwadi Journal of Science Education* (Vol. 2, Issue 1).
- Fitri Nuraeni, & Zhaza Nabila Zahra. (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>
- Fitriati Mariza *et al.*, S. R. L. I. (2019). Pengaruh Pembelajaran Berbasis Lingkungan Terhadap Sikap Peduli Lingkungan Pada Materi Pencemaran Lingkungan.
- Gavari-Starkie, E., Espinosa-Gutiérrez, P. T., & Lucini-Baquero, C. (2022). Sustainability through STEM and STEAM Education Creating Links with the Land for the Improvement of the Rural World. *Land*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/land11101869>
- 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>
- Handayani, A., Soenarno, S. M., & A'ini, Z. F. (2022). Hubungan Pengetahuan Lingkungan Hidup Terhadap Sikap Peduli Lingkungan Siswa SMPN 20 Depok. *EduBiologia: Biological Science and Education Journal*, 2(1), 80. <https://doi.org/10.30998/edubiologia.v2i1.11827>

- Hanif, S., Wijaya, A. F. C., & Winarno, N. (2019). Enhancing Students' Creativity through STEM Project-Based Learning. *Journal of Science Learning*, 2(2), 50. <https://doi.org/10.17509/jsl.v2i2.13271>
- Hartati, M., & Hariyono, E. (2020). Efektifitas Pembelajaran Fisika Terintegrasi Dengan Aksi Iklim Pada Prinsip SDGs (Sustainable Development Goals) Dalam Meningkatkan Karakter Peduli Lingkungan. *09(03)*, 349–355.
- Hasbullah, A. (2020). *Efikasi Diri Siswa Dalam Pembelajaran Proyek Berbasis STEM pada Materi Termodinamika*. <http://journal.um.ac.id/index.php/jptpp/>
- Hayat M.S & Fathonah. (2025). Potensi Integrasi STEAM-SDGs dalam Pembelajaran Proyek IPAS di SMK Bina Utama Kendal. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 15(1), 148–155. <https://doi.org/10.37630/jpm.v15i1.2451>
- Hidayah, et. al N., & Wadiyo, W. (2024). Implementasi Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila Tema Rekayasa Teknologi Dalam Penguatan Keterampilan 4c Pada Siswa Sekolah Dasar.
- Hidayati, M., Sapalian, K. D., Febriana, I., & Bow, Y. (2022). Pengaruh pH Dan Waktu Fermentasi Molase Menjadi Bioetanol Menggunakan Bakteri Em4. *Publikasi Penelitian Terapan Dan Kebijakan*, 5(1), 33–40. <https://doi.org/10.46774/pptk.v5i1.394>
- 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>
- Jufri, W., & Sulisty Dj, D. (2010). Efektivitas Pembelajaran Sains Berbasis Inkuiri dengan Strategi Kooperatif dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Siswa SMP.
- Kahfi, A. (2017a). Tinjauan Terhadap Pengelolaan Sampah. *Jurisprudentie : Jurusan Ilmu Hukum Fakultas Syariah Dan Hukum*, 4(1), 12. <https://doi.org/10.24252/jurisprudentie.v4i1.3661>
- Kolo, S. M. D., Obenu, N. M., & Rohy, N. T. (2022). Pengaruh Perlakuan Awal Ampas Biji Jewawut (*Setaria italica* L.) dengan Microwave Irradiation Untuk Produksi Bioetanol. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 18(2), 183. <https://doi.org/10.20961/alchemy.18.2.59819.183-192>
- Kopecká, R., Hrad, M., & Huber-Humer, M. (2024). The role of the waste sector in the sustainable development goals and the IPCC assessment reports. *Österreichische Wasser- Und Abfallwirtschaft*, 76(5–6), 300–307. <https://doi.org/10.1007/s00506-024-01034-7>

- Lestari, B. B., Nugraheni, N., Husain, F., Semarang, U. N., Tinggi, S., & Pati, T. (2024). Penerapan Edukasi SDGS di Lingkungan Sekolah Guna Mendukung Terwujudnya Kesejahteraan Pendidikan. *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Sosial*, 1(10). <https://doi.org/10.5281/zenodo.11128176>
- Lin, K. Y., Wu, Y. T., Hsu, Y. T., & Williams, P. J. (2021). Effects of infusing the engineering design process into STEM project-based learning to develop preservice technology teachers' engineering design thinking. *International Journal of STEM Education*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00258-9>
- Matovu, H., Ungu, D. A. K., Won, M., Tsai, C. C., Treagust, D. F., Mocerino, M., & Tasker, R. (2023). Immersive virtual reality for science learning: Design, implementation, and evaluation. In *Studies in Science Education* (Vol. 59, Issue 2, pp. 205–244). Routledge. <https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2082680>
- McLure, F. I., Fraser, B. J., & Koul, R. B. (2022a). Structural relationships between classroom emotional climate, teacher–student interpersonal relationships and students' attitudes to STEM. *Social Psychology of Education*, 25(2–3), 625–648. <https://doi.org/10.1007/s11218-022-09694-7>
- McLure, F. I., Fraser, B. J., & Koul, R. B. (2022b). Structural relationships between classroom emotional climate, teacher–student interpersonal relationships and students' attitudes to STEM. *Social Psychology of Education*, 25(2–3), 625–648. <https://doi.org/10.1007/s11218-022-09694-7>
- Misfadhila Sestry *et al*, F. R. R. H. (2020). *Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Dari Ekstrak Heksan, Aseton, Etanol dan Air Dari Akar Anting-anting (Achalypha indica L.)*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34301.59362>
- Muttaqiin, A. (2023). Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) pada Pembelajaran IPA Untuk Melatih Keterampilan Abad 21. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 13(1), 34–45. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.819>
- Nguyen Tien Long *et al*, N. T. H. Y. N. V. H. (2020). The role of experiential learning and engineering design process in k-12 stem education. *International Journal of Education and Practice*, 8(4), 720–732. <https://doi.org/10.18488/journal.61.2020.84.720.732>
- Nurbayani, D., Hindriana, A. F., & Sulistyono, S. (2023a). 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>
- Nurbayani, D., Hindriana, A. F., & Sulistyono, S. (2023b). 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>

- Nurwidodo, N., Romdaniyah, S. W., Sudarmanto, S., & Husamah, H. (2022). Pembinaan guru dalam melaksanakan Pembelajaran STEM dengan Kemampuan Berfikir Kreatif dan Keterampilan Kolaboratif pada Siswa SMP. *Sasambo: Jurnal Abdimas (Journal of Community Service)*, 4(1), 1–12. <https://doi.org/10.36312/sasambo.v4i1.601>
- Oktavia, N., & Mulabbiyah, D. (2019). Gawai Dan Kompetensi Sikap Sosial Siswa Mi (Studi Kasus Pada Siswa Kelas V Min 2 Kota Mataram). *Juni*, 11(1), 19–40. <http://journal.uinmataram.ac.id/index.php/>
- Pambayun, P. P., & Shofiyah, N. (2023). Sikap Siswa terhadap STEM: Hubungannya dengan Hasil Belajar Kognitif dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Paedagogy*, 10(2), 513. <https://doi.org/10.33394/jp.v10i2.6313>
- Panji Arimba, G., Pendidikan Teknik Mesin, S., Negeri Padang Jl Hamka, U., Air Tawar, K., & Barat Kode, S. (2019). Pemurnian Bioetanol Limbah Kulit Nanas Menggunakan Alat Distilasi Sederhana Model Kolom Refluks Bioethanol Purification Of Pineapple Skin Waste Using A Simple Distillation Column Reflux Model. *Jurnal Zarah*, 7(1), 22–28. www.voaindonesia.com
- Pinata Dian *et al*, N. R. (2011). *Prosiding Kimia FMIPA Uj i Kualitatif Etanol yang Diproduksi Secara Enzimatik Menggunakan Z. Mobilis Permeabel*.
- Prihartini, E. (2017). Pengaruh Metode Pembelajaran Dan Minat Belajar Terhadap Hasil Belajar Ipa. *Jurnal Formatif*, 171–179.
- Rahman, A. A., Kaniawati, I., Riandi, R., & Hendayana, S. (2023). Secondary Science Teachers Perception on STEM Learning for Sustainable Development. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(3), 1297–1303. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i3.2776>
- Rahmawati *et al*, W. S. D. (2024). *Meningkatkan Kesadaran Peserta Didik dengan Model Pembelajaran Contextual Teaching and Learning (CTL) dalam Membentuk Karakter Peduli Lingkungan Sekitar di SDN Pondok Cabe Ilir 01*.
- Ramastiwi, H., Suwarma, I. R., Program, S., Fisika, S. P., Matematika, P., Ilmu, D., & Alam, P. (2019). *Penerapan pendekatan Science Technology Engineering dan Mathematics (STEM) untuk meningkatkan kreativitas siswa pada materi energi kelas VII SMP*.
- Rarasandy, L., Rini Indriyanti, D., & Santosa, K. (2013). Pembelajaran Biologi Mengarah Pada Penanaman Karakter Peduli Lingkungan Pada Materi Pengelolaan Lingkungan. <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/LIK>
- Ratnadi, N. K. S. (2018). *METODE DISKUSI KELOMPOK KECIL UNTUK MENINGKATKAN PRESTASI BELAJAR IPA SISWA* (Vol. 8, Issue 1). http://ejournal-pasca.undiksha.ac.id/index.php/jurnal_ipa/index
- Ridwan Nur Cholis, M., Yulianti Jurusan Fisika, D., & Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F. (2020). *Unnes Physics Education Journal Terakreditasi SINTA 3 Pembelajaran Fisika Berbasis Science Technology Engineering And*

Mathematics (Stem) Untuk Mengembangkan Keterampilan Kolaborasi.
<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upej>

- Ritonga S *et al*, Z. (2021). Penerapan-Pendekatan-STEM-untuk-Meningkatkan-Keterampilan-Berpikir-Kritis-Peserta-Didik. *Jurnal Studi Guru Dan Pembelajaran*.
- Rosalina, R., Alni, A., Mujahidin, D., Santoso, dan J., Rosalina, R., Mujahidin, D., Joko Santoso, dan, Keahlian Kimia Organik Bahan Alam, K., & Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F. (2015). *Reaksi oksidasi dengan kalium permanganat (KMnO₄) pada senyawa kinin.*
- Saleh Asri H *et al*, S. J. R. S. (2016). Penentuan Nilai Kalor Serta Pengaruh Asam Klorida (Hcl) Terhadap Kadar Bioetanol Bonggol Pisang (*Musa paradisiacal*).
- Santoso, A. M., Arif, S., & Artikel, R. (2021). *Efektivitas Model Inquiry dengan Pendekatan STEM Education terhadap Kemampuan Berfikir Kritis Peserta Didik Info Artikel ABSTRAK.* <http://ejournal.iainponorogo.ac.id/index.php/jtiti>
- Sekar, O. :, Ardianti, D., Wanabuliandari, S., & Rahardjo, D. S. (2017). Peningkatan Perilaku Peduli Lingkungan dan Tanggung Jawab Siswa Melalui Model Ejas Dengan Pendekatan Science Edutainment. In *Jurnal Ilmiah "Pendidikan Dasar* (Issue 1).
- Sen, C., Ay, Z. S., & Kiray, S. A. (2021). Computational thinking skills of gifted and talented students in integrated STEM activities based on the engineering design process: The case of robotics and 3D robot modeling. *Thinking Skills and Creativity*, 42. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100931>
- Shafiul Amri, M., Agus Sudjimat, D., & Nurhadi, D. (2020). Mengkombinasikan Project-Based Learning dengan STEM untuk Meningkatkan Hasil Belajar Teknikal dan Karakter Kerja Siswa SMK. In *Februari* (Vol. 43, Issue 1).
- Solihat, R., Haqiqi, B. Y., & Widodo, A. (2024). Waste to energy: A STEM-ESD approach to improve student awareness and action in converting waste into eco-friendly energy. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(3), 1072–1085. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i3.34330>
- Stehle, S. M., & Peters-Burton, E. E. (2019). Developing student 21st Century skills in selected exemplary inclusive STEM high schools. *International Journal of STEM Education*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0192-1>
- Sukmawijaya, Y., & Juhanda, A. (2019). Pengaruh Model Pembelajaran Stem-Pjbl Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Pada Materi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Program Studi Pendidikan Biologi (Agustus)*, 9.
- Sultana, T., Farhana, Z., Hoque, S., & Al-Amin, Md. (2024). Developing a framework for integrating STEM approach at primary education of Bangladesh. *Discover Education*, 3(1), 112. <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00188-6>

- Sumarni, W., Wijayati, N., & Supanti, S. (2019). Kemampuan Kognitif Dan Berpikir Kreatif Siswa Melalui Pembelajaran Berbasis Proyek Berpendekatan Stem. *J-Pek (Jurnal Pembelajaran Kimia)*, 4(1), 18–30. <https://doi.org/10.17977/um026v4i12019p018>
- Sumartini T, et. al T. (2016). *Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa melalui Pembelajaran Berbasis Masalah* (Vol. 5, Issue 2). <http://e-mosharafa.org/>
- Sundarta, I., Atika, Y., Sari, H., Prasetyo, W., Fakultas Ekonomi, D., Kkn Kelompok, M., & 2018, T. (2018). *Pengelolaan Limbah Organik Menjadi Kompos Melalui Pembuatan Tong Super*.
- Suranti Made, N. Y., Baiq, &, & Wahyuningsih, Y. (2024). Project Based Learning Dengan Pendekatan Stem Pada Pendidikan Sekolah Dasar. *Indonesian Journal of Elementary and Childhood Education*.
- Susmiati, Y. (2018). The Prospect of Bioethanol Production from Agricultural Waste and Organic Waste. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 7(2), 67–80. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2018.007.02.1>
- Suwarma, I. R., Astuti, P., Nur, E., & Abstrak, E. (2015). “Balloon Powered Car” Sebagai Media Pembelajaran Ipa Berbasis Stem (Science, Technology, Engineering, And Mathematics).
- Suwarto, R. S., Sanjaya, Y., & Solihat, R. (2021). Implementation of education for sustainable development and pupils’ sustainability consciousness in Adiwiyata School and ESD-based school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012153>
- Tipmontiane, K., & Williams, P. J. (2022). The Integration of the Engineering Design Process in Biology-related STEM Activity: A Review of Thai Secondary Education ASEAN Journal of Science and Engineering Education. *ASEAN Journal of Science and Engineering Education*1, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.17509/xxxx.vxix>
- Turner, A., Logan, M., & Wilks, J. (2022). Planting food sustainability thinking and practice through STEM in the garden. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(3), 1413–1439. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09655-9>
- UNESCO (2017). *ESD Learning Goals*.
- Wahyuningsih, S., Widiati, B., Melinda, T., & Abdullah, T. (2023). Sosialisasi Pemilahan Sampah Organik dan Non-Organik Serta Pengadaan Tempat Sampah Organik dan Non-Organik. *DEDIKASI SAINTEK Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 7–15. <https://doi.org/10.58545/djpm.v2i1.103>

- Widiastuti, & Febby Indriana, A. (2019). Analisis Penerapan Pendekatan STEM untuk Mengatasi Rendahnya Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa pada Materi Peluang. In *Jurnal Pendidikan Matematika* (Vol. 7).
- Widiastuti, I., & Wawan Budiyanto, C. (2022a). Pembelajaran STEM Berbasis Engineering Design Process untuk Siswa Sekolah Alam di Kabupaten Klaten. *DEDIKASI: Community Service Reports*, 4(2).
- Widiastuti, I., & Wawan Budiyanto, C. (2022c). Pembelajaran STEM Berbasis Engineering Design Process untuk Siswa Sekolah Alam di Kabupaten Klaten. *DEDIKASI: Community Service Reports*, 4(2).
- Widodo, A. (2021a). Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Dasar-Dasar untuk Praktik. In UPI Press.
- Widodo, A. (2021b). Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam. In Upi Press (Vol. 53, issue 9).
- Winarno, N., RUSDIANA, D., SAMSUDIN, A., SUSILOWATI, E., AHMAD, N., & AFIFAH, R. M. A. (2020). The steps of the Engineering Design Process (EDP) in science education: A systematic literature review. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(4), 1345–1360. <https://doi.org/10.17478/jegys.766201>
- Windarti Astriana *et al*, N. R. (2014). Pembuatan Bioetanol Dari Jerami Padi Dengan Metode Ozonolisis-Simultaneous Saccharification And Fermentation (Ssf). In *Jurnal Teknik Kimia* (Vol. 20, Issue 3). <http://www.scribd.com/doc/120147579/Biomass->
- Wipo. (2023). *Global Innovation Index 2023 ;Innovation In The Face Of Uncertainty*. World Intellectual Proper.
- Xi, F., Ma, H., Pi, Z., Dong, Y., Sun, J., & Jin, R. (2024). Integrating the engineering design process into the conceive-design-implement-operate model for promoting high school students' STEM competence. *Educational Technology Research and Development*. <https://doi.org/10.1007/s11423-024-10377-7>
- Yu, K. C., Wu, P. H., & Fan, S. C. (2020). Structural Relationships among High School Students' Scientific Knowledge, Critical Thinking, Engineering Design Process, and Design Product. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(6), 1001–1022. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10007-2>
- Yuliati, Y. (2017). Miskonsepsi Siswa Pada Pembelajaran Ipa Serta Remediasinya. 2(2), 50–58.
- Zahriani I.N *et. al*, S. D. H. (2015). Pemanfaatan Limbah Nasi Basi Menjadi Bioetanol.

- Zhong, B., Liu, X., & Li, X. (2024). Effects of reverse engineering pedagogy on students' learning performance in STEM education: The bridge-design project as an example. *Heliyon*, 10(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24278>
- Zubaidah, S., & Susilo, H. (2015). Pengaruh Project Based Learning Terhadap Motivasi. <https://www.researchgate.net/publication/322468052>
- 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>
- Zumar, M., Ermawan, F., Nuril, A., & Fauziah, M. (2023). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Ipa Pada Siswa Smp Dalam Menyelesaikan Soal Ipa. <https://lentera.publikasiku.id/index.php>