

***E-MODUL BERBASIS EDUCATION FOR SUSTAINABLE
DEVELOPMENT (ESD) PADA TEMA ENERGI RENDAH KARBON
UNTUK MENINGKATKAN LITERASI SAINS DAN KESADARAN
KEBERLANJUTAN SISWA***

TESIS

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Magister
Pendidikan

Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam



Wafa Hanifah

2208387

**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN IPA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM**

UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

2025

***E-MODUL BERBASIS EDUCATION FOR SUSTAINABLE
DEVELOPMENT (ESD) PADA TEMA ENERGI RENDAH KARBON
UNTUK MENINGKATKAN LITERASI SAINS DAN KESADARAN
KEBERLANJUTAN SISWA***

Oleh
Wafa Hanifah

S.Pd Universitas Pendidikan Indonesia, 2019

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

©Wafa Hanifah 2025
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2025

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Tesis ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau Sebagian, degan dicetak ulang,
difotokopi, atau dengan cara lainnya tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Wafa Hanifah

*E-MODUL BERBASIS EDUCATION FOR SUSTAINABLE
DEVELOPMENT (ESD) DALAM TEMA ENERGI RENDAH
KARBON UNTUK MENINGKATKAN LITERASI SAINS DAN
KESADARAN KEBERLANJUTAN SISWA*

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I



Prof. Dr. Diana Rochintaniawati, M. Ed.
NIP. 196709191991032001

Pembimbing II



Dr. Rika Rafikah Agustin, M.Pd.
NIP. 198308032012122001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Magister Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Dr. Phil. Ari Widodo, M.Ed.
NIP. 196705271992031001

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis ucapkan atas Rahmat dan Karunia yang maha Kuasa, Allah SWT, berikan sehingga penulis dapat merampungkan tesis yang berjudul “*E-modul berbasis Education fo Sustainable Development (ESD)* dalam Tema Energi Rendah Karbon Untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Kesadaran Keberlanjutan Siswa”. Sholawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, karena dengan tuntunannya kita dapat keluar dari kegelapan sehingga dapat mempelajari ilmu pengetahuan seperti saat ini. Penulisan tesis ini ditujukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Magister Pendidikan pada Jurusan Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Tesis ini merupakan hasil penelitian mengenai pembuatan *e-modul* pada topik ajar energi rendah karbon dengan berbasis pada pendekatan ESD yang diasumsikan dapat meningkatkan kemampuan literasi sains dan kesadaran keberlanjutan pada siswa. Hasil dari peneitian ini diharapkan dapat memberikan pengaruh dan sumbangsih pada guru, peserta didik, dan lingkungan dalam mempelajari topik ajar energi rendah karbon. Hasil penelitian ini diharapkan juga dapat membantu peserta didik untuk melatih kemampuan literasi sains dan menanamkan kesadaran keberlanjutan sehingga mampu lebih memahami permasalahan yang akan dihadapi di masa yang akan datang.

Penulis telah menyusun penelitian tesis ini dengan usaha maksimal, namun penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar tesis ini dapat lebih baik lagi. Harapannya semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi masyarakat secara umum dan luas.

Bandung, Agustus 2025

Penulis

PERNYATAAN

Dengan ini saya nyatakan bahwa tesis berjudul “*E-modul Berbasis Education for Sustainable Development (ESD)* pada Tema Energi Rendah Karbon Untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Kesadaran Keberlanjutan Siswa” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan secara sadar, Adapun apabila ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima risiko sesuai dengan aturan yang berlaku.

Bandung, Agustus 2025



Wafa Hanifah

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan tesis ini tidak akan rampung tanpa bantuan dan kuasa yang Maha Besar, Maha Kuasa, Allah SWT serta bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak yang terlibat di dalamnya. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah senantiasa mendukung, membimbing, membantu, dan memberikan dukungan, kritik dan saran dalam menyelesaikan penelitian ini dengan tulus dan sepenuh hati. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Diana Rochintaniawati, M.Ed, sebagai Pembimbing I dan Pembimbing Akademik (PA) yang telah menyediakan waktu, memberikan motivasi, bimbingan, tenaga, kesabaran, dan antusiasme kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini serta memberikan bimbingan akademik kepada penulis.
2. Ibu Dr. Rika Rafikah Agusti, M.Pd, sebagai Pembimbing II yang telah menyediakan waktu, memberikan motivasi, bimbingan, tenaga, kesabaran, dan antusiasme kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini
3. Bapak Prof. Dr. Phil. Ari Widodo, M.Ed selaku ketua Program Studi Magister Ilmu Pengetahuan Alam yang telah menjadi inspirasi dan memberikan ilmu kepada penulis selama menempuh studi.
4. Seluruh dosen Program Studi Pendidikan IPA yang telah memberikan bimbingan dan ilmu kepada penulis selama proses perkuliahan dilaksanakan.
5. Ibu Eliyawati, M.Pd, Ibu Dr. Lilit Rusyati, M.Pd, Ibu Kartika Nur Azmi, S.Psi., S.Pd, Ibu Santi Berliani, S.Pd, dan Ibu Ine Grahika, S.Pd, sebagai validator yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan saran dan kritik kepada penulis untuk menyelesaikan tesis ini.
6. Ibu Eka Indrawati Supriani, S.Pd, Bapak Ir. Achmad Zulkarnain, M.T, Ibu Suryaningsih sebagai orang tua tercinta dari penulis atas doa, dukungan,

kepercayaan tiada henti yang senantiasa mengiringi setiap langkah penulis dalam menyelesaikan studi dan tesis ini.

7. Bapak Faishal Abdan Syakura, S.M, Lc.dan Ananda Aisyah Abida Qanita, selaku keluarga terkasih yang menjadi sumber semangat dan motivasi utama dalam proses penyusunan penelitian ini.
8. Muhammad Rijalullhaqq, Athifah Mufidah, Abdurrahman Hanif, dan Shafa Rasyidah, selaku adik-adik penulis atas dukungan dan doa yang senantiasa mengiringi penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
9. Kepala Sekolah, Guru IPA, dan siswa-siswi SMP Negeri 10 Cimahi yang telah membantu kelancaran pelaksanaan penelitian penulis.
10. Seluruh dosen, laboran, karyawan, dan staf administrasi Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia
11. Rekan-rekan mahasiswa Program Magister Pendidikan IPA kelas A dan B Angkatan 2022 dan kelas B Angkatan 2023 sebagai teman sekelas.
12. Seluruh pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu pada ruangan yang terbatas ini, atas partisipasi dan kontribusi yang diberikan sehingga tesis ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.

Semoga semua bantuan dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal jariyah dan mendapatkan imbalan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Aamiin.

Bandung, Agustus 2025

Wafa Hanifah

***E-modul Berbasis Education for Sustainable Development (ESD) Pada
Tema Energi Rendah Karbon Untuk Meningkatkan Literasi Sains dan
Kesadaran Keberlanjutan Siswa***

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penggunaan *E-modul* berbasis *Education for Sustainable Development (ESD)* dalam meningkatkan literasi sains dan kesadaran keberlanjutan siswa pada topik energi rendah karbon. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian campuran dengan desain *embedded experimental*, di mana data kuantitatif berupa pretest dan posttest literasi sains serta angket kesadaran keberlanjutan dianalisis secara primer, sementara data kualitatif dari observasi, refleksi, dan tanggapan siswa digunakan sebagai pelengkap dan penguat temuan. Subjek penelitian terdiri dari siswa kelas IX di salah satu SMP di Cimahi yang mempelajari materi energi rendah karbon menggunakan *E-modul* berbasis ESD. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada skor rata-rata literasi sains siswa dari 63,57 menjadi 80,57 dengan N-gain moderat (0,61), sedangkan skor kesadaran keberlanjutan siswa juga mengalami kenaikan dari 4,2 menjadi 4,4 (skala 5) dan skor N-gain 0,3. Peningkatan terbesar terjadi pada aspek kemampuan mengambil keputusan berbasis informasi ilmiah (LS3), diikuti oleh penguatan keterampilan investigasi ilmiah (LS2) dan pemahaman fenomena ilmiah (LS1). Analisis kualitatif memperlihatkan bahwa siswa mengalami perubahan positif baik pada aspek pengetahuan, sikap, maupun tindakan nyata terkait keberlanjutan. Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menegaskan bahwa integrasi *E-modul* berbasis ESD sangat efektif dalam membangun literasi sains dan kesadaran keberlanjutan siswa secara utuh dan relevan untuk pendidikan di era *Society 5.0*.

Kata Kunci: *E-modul*, ESD, Literasi Sains, Kesadaran Keberlanjutan, dan *Embedded Experimental*

Education for Sustainability-Based E-module in Low Carbon Energy Topic to Enhance Students' Scientific Literacy Skills and Sustainability Awareness

ABSTRACT

This study aims to analyze the effectiveness of using an Education for Sustainable Development (ESD)-based E-module in improving students' scientific literacy and sustainability awareness on the topic of low-carbon energy. The research method employed is a mixed-methods with embedded experimental design, where quantitative data in the form of pretest and posttest scores on scientific literacy and sustainability awareness questionnaires are analyzed primarily, while qualitative data from observations, reflections, and student responses are used to complement and strengthen the findings. The research subjects were ninth-grade students at a junior high school in Cimahi who studied low-carbon energy material using an ESD-based E-module focused on the low-carbon energy theme. The results show a significant increase in the average student scientific literacy score from 63.57 to 80.57 with a moderate N-gain of 0.61, while students' sustainability awareness scores also increased from 4.2 to 4.4 (on a 5-point scale) with an N-gain of 0.3. The greatest improvement occurred in the aspect of making decisions based on scientific information (LS3), followed by the strengthening of scientific investigation skills (LS2) and understanding scientific phenomena (LS1). Qualitative analysis revealed that students experienced positive changes in knowledge, attitudes, and real actions related to sustainability. Overall, the findings confirm that the integration of an ESD-based E-module is highly effective in holistically developing students' scientific literacy and sustainability awareness, making it relevant for education in the era of Society 5.0.

Keywords: Education for Sustainability Development (ESD), *E-module*, Scientific Literacy, Sustainability Awareness, and Embedded Experimental

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	10
DAFTAR GAMBAR	14
BAB I PENDAHULUAN	17
1.1 Latar Belakang	17
1.2 Rumusan Masalah	26
1.3 Pertanyaan Penelitian	26
1.4 Tujuan Penelitian	27
1.5 Manfaat Penelitian	27
1.6 Definisi Operasional.....	28
1.7 Struktur Organisasi Tesis	29
BAB II KAJIAN PUSTAKA	31
2.1 Elektronik Modul (<i>E-modul</i>).....	31
2.1.1 <i>E-modul</i> berbasis ESD	33
2.2 Education for Sustainable Development (ESD).....	37
2.2. 1 ESD dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan	40
2.2.2 Kompetensi Education for Sustainable Development (ESD)	42
2.3 Energi Rendah Karbon.....	44
2.3.1 Energi Rendah Karbon.....	45
2.3.2 Krisis Energi.....	46
2.3.3 Upaya Penanggulangan Krisis Energi.....	48
2.3.4 Jenis-jenis Energi Rendah Karbon	49
2.4 Literasi Sains.....	52
2.4.1 Domain Literasi Sains	55
2.4.2 Dimensi Kompetensi (<i>Competences</i>).....	58
2.4.3 Dimensi Pengetahuan Sains (<i>Knowledge</i>)	60
2.4.4 Dimensi Identitas Sains (<i>Science Identity</i>).....	63
2.5 Kesadaran Keberlanjutan (Sustainability Awareness)	67
2.5.1 Aspek Kesadaran Keberlanjutan	69
2.6 Penelitian yang Relevan.....	72

BAB III METODE PENELITIAN.....	74
3.1 Desain Penelitian.....	74
3.2 Subjek Penelitian.....	75
3.4 Prosedur Penelitian.....	76
3.4.1 Tahap Kuantitatif	76
3.4.2 Tahap Kualitatif	78
3.4.3 Tahap Analisis Data	78
3.5 Instrumen Penelitian Kuantitatif	80
3.5.1 Lembar Angket Analisis Kebutuhan.....	81
3.5.2 Lembar Kelayakan <i>E-modul</i>	82
3.5.2.1 Lembar Penilaian Ahli	83
3.5.2.2 Lembar Uji Keterpahaman <i>E-modul</i>	84
3.5.2.3 Lembar Praktikalitas	85
3.5.3 Tes Kemampuan Literasi Sains.....	86
3.5.4 Kuesioner Kesadaran Keberlanjutan.....	86
3.6 Instrumen Penelitian Kualitatif	90
3.6.1 Lembar Observasi Pembelajaran.....	90
3.6.2 Lembar Refleksi Siswa	91
3.6.3 Angket Tanggapan Siswa.....	91
3.7 Analisis Instrumen Penelitian Kuantitatif	93
3.7.1 Validasi Empirik	93
3.7.2 Reliabilitas.....	94
3.7.3 Tingkat Kesukaran	94
3.7.4 Daya Pembeda.....	95
3.8 Teknik Analisis Instrumen	96
3.8.1 Teknik Analisis Data Kuantitatif	96
3.8.1.1 Analisis Lembar Penilaian <i>E-modul</i>	96
3.8.1.2 Analisis Data Kemampuan Literasi Sains.....	97
3.8.1.3 Analisis Data Kesadaran Keberlanjutan.....	99
3.8.2 Teknik Analisis Data Kualitatif	102
3.9 Validasi Instrumen	102

3.9.1 Hasil Validasi Tes Literasi Sains	102
3.9.2 Hasil Validasi Kuesioner Kesadaran Keberlanjutan	103
3.10 Pengembangan <i>E-modul</i> Berbasis ESD	104
3.10.1 Tahapan Pengembangan <i>E-modul</i>	104
3.10.1.1 Survey Kebutuhan Bahan Ajar	104
3.10.1.2 Analisis Kurikulum	109
3.10.1.3 Pembuatan <i>Draft E-modul</i>	111
3.10.1.4 Pembuatan Desain <i>E-modul</i>	112
3.10.2 Validitas dan Kelayakan <i>E-modul</i>	117
3.10.2.1 Hasil Validasi <i>E-modul</i> oleh Ahli	117
3.10.2.1.1 Hasil Validasi Oleh Ahli Materi	118
3.10.2.1.2 Hasil Review Oleh Ahli Bahasa	119
3.10.2.1.3 Hasil Review Oleh Ahli Media	119
3.10.2.2 Hasil Praktikalitas oleh Praktisi Pendidikan	121
3.10.2.3 Hasil Keterbacaan Peserta Didik	122
3.11 Hipotesis	126
BAB IV HASIL PENELITIAN	127
4.1 Kemampuan Literasi Sains	127
4.2 Kesadaran Keberlanjutan	139
4.3 Kesan Peserta Didik Terhadap <i>E-Modul</i> Berbasis ESD	148
BAB V PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN	164
5.1 Kemampuan Literasi Sains	164
5.2 Kesadaran Keberlanjutan	177
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	188
6.1 Kesimpulan	188
6.2 Saran	188
DAFTAR PUSTAKA	190
LAMPIRAN	202
Lampiran 1A. Lembar Validasi Ahli Materi <i>E-modul</i> Berbasis ESD dalam Topik Energi Rendah Karbon	202
Lampiran 2A. Lembar Validasi Ahli Bahasa <i>E-modul</i> Berbasis ESD dalam Topik Energi Rendah Karbon	209

Lampiran 3A. Lembar Validasi Ahli Media <i>E-modul</i> Berbasis ESD dalam Topik Energi Rendah Karbon.....	214
Lampiran 4A. Lembar Praktikalitas <i>E-modul</i> Berbasis ESD dalam Topik Energi Rendah Karbon.....	218
Lampiran 5A. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)	224
Lampiran 6A. <i>E-modul</i> Berbasis ESD dalam Topik Energi Rendah Karbon.....	232
Lampiran 7A. Instrumen Soal Tes Kemampuan Literasi Sains pada Topik Energi Rendah Karbon.....	243
Lampiran 8A. Instrumen Angket Kesadaran Keberlanjutan (<i>Sustainability Awareness</i>).....	269
Lampiran 1B. Rekapitulasi Skor <i>Pretestt</i> Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik	272
Lampiran 2B. Rekapitulasi Skor <i>Posttest</i> Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik.....	274
Lampiran 3B. Rekapitulasi Skor <i>Pretestt</i> Kesadaran Keberlanjutan Peserta Didik	276
Lampiran 4B. Rekapitulasi Skor <i>Posttest</i> Kesadaran Keberlanjutan Peserta Didik	277
Lampiran B. 5 Rekapitulasi Skor <i>Posttest</i> Kesadaran Keberlanjutan Peserta Didik	279
Lampiran 6B. Rekapitulasi Peningkatan Kesadaran Keberlanjutan Peserta Didik (N-Gain).....	281
Lampiran 1C. Dokumentasi Kegiatan.....	282

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Domain Literasi Sains (OECD,2018).....	56
Gambar 3. 1 Desain Concurrent Embedded.....	75
Gambar 3. 2 Bagan Prosedur Penelitian	79
Gambar 3. 3Hasil Survey Mengenai Pengetahuan Guru IPA Terhadap ESD	105
Gambar 3. 4 Hasil Survey Pentingnya ESD Dalam Kurikulum Sekolah	105
Gambar 3. 5 Hasil Survey Pemahaman Guru Terhadap ESD.....	106
Gambar 3. 6 Hasil Survey Bahan Ajar ESD	107
Gambar 3. 7 Hasil Survey Peminatan Guru IPA untuk Menggunakan Bahan Ajar Berbasis ESD	107
Gambar 3. 8 Hasil Survey Ketepatan Topik Energi Rendah Karbon Dalam E-modul.....	108
Gambar 3. 9 Pemilihan Bahan Ajar Berbasis ESD	108
Gambar 3. 10 Draft <i>E-modul</i> Berbasis ESD yang dibuat dalam Word.....	112
Gambar 3. 11Gambar 4. 10 Tampilan Halaman Awal E-modul.....	113
Gambar 3. 12 Tampilan Daftar Isi E-modul	113
Gambar 3. 13 Halaman Pendahuluan E-modul.....	115
Gambar 3. 14 Halaman Petunjuk Penggunaan E-modul.....	115
Gambar 3. 15 Halaman Awal Kegiatan Pembelajaran E-modul.....	115
Gambar 3. 16 Halaman Materi E-modul.....	115
Gambar 3. 17 Halaman Praktikum E-modul.....	117
Gambar 3. 18 Contoh Hasil Uji Keterpahaman dan Keterbacaan	124
Gambar 4. 1 Grafik Hasil pretestt Literasi Sains Berdasarkan Kompetensi Utama	130
Gambar 4. 2 Grafik Hasil <i>posttest</i> Literasi Sains Berdasarkan Kompetensi Utama	132
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Rata-Rata Nilai Literasi Sains.....	136
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Kemampuan Literasi Sains	137
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Angket Awal Kesadaran Keberlanjutan pada Setiap Aspek.....	140
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Akhir Kesadaran Keberlanjutan pada Setiap Aspek .	141
Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Hasil Rata-Rata Skor Kesadaran Keberlanjutan	144
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Rata-Rata Aspek Kesadaran Keberlanjutan.	145
Gambar 5. 1 Kegiatan Diskusi Membuat Poster Kampanye Hemat Energi	170

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Indikator Global SDGs yang digunakan dalam Penelitian	41
Tabel 2. 2 Dimensi Konteks PISA 2025 pada Literasi Sains.....	56
Tabel 2. 3 Dimensi Kompetensi PISA 2025	58
Tabel 2. 4 Dimensi Pengetahuan pada PISA 2025	60
Tabel 2. 5 Dimensi Identitas Sains PISA 2025.....	64
Tabel 3. 1 Instrumen Penelitian	80
Tabel 3. 2 Rubrik Angket Kebutuhan Guru	81
Tabel 3. 3 Rubrik lembar penilaian ahli materi.....	83
Tabel 3. 4 Rubrik lembar penilaian ahli Bahasa	83
Tabel 3. 5 Rubrik lembar penilaian ahli Media.....	84
Tabel 3. 6 Rubrik Lembar Uji Keterpahaman <i>E-modul</i>	85
Tabel 3. 7 Interpretasi Hasil Uji Keterpahaman.....	85
Tabel 3. 8 Rubrik Lembar Praktikalitas	85
Tabel 3. 9 Kisi – Kisi Soal Literasi Sains	86
Tabel 3. 10 Rubrik Kuesioner Kesadaran Keberlanjutan (SA).....	87
Tabel 3. 11 Kisi – Kisi Asesmen Kesadaran Keberlanjutan	88
Tabel 3. 12 Rubrik Lembar Observasi Pembelajaran	90
Tabel 3. 13 Rubrik Angket Tanggapan Siswa	92
Tabel 3. 14 Interpretasi Nilai Validitas Butir Soal.....	93
Tabel 3. 15 Interpretasi nilai Reliabilitas	94
Tabel 3. 16 Kategori Tingkat Kesukaran	95
Tabel 3. 17 Kategori Daya Pembeda.....	95
Tabel 3. 18 Bobot Pernyataan Validitas <i>E-modul</i>	96
Tabel 3. 19 Tabel Kategori Kelayakan <i>E-modul</i>	97
Tabel 3. 20 Kategori Hasil N-gain	99
Tabel 3. 21 Bobot Kuesioner Kesadaran Keberlanjutan.....	99
Tabel 3. 22 Kategori Kesadaran Keberlanjutan	100
Tabel 3. 23 Kategori Hasil N-gain	101
Tabel 3. 24 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Soal Literasi Sains.....	102
Tabel 3. 25 Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Kuesioner Kesadaran Keberlanjutan	104
Tabel 3. 26 Analisis Kompetensi Dasar (KD) dan Indikator Pembelajaran	110
Tabel 3. 27 Hasil Kelayakan Materi E-modul oleh Ahli	118
Tabel 3. 28 Hasil Kelayakan Bahasa E-modul oleh Ahli.....	119
Tabel 3. 29 Hasil Kelayakan Media E-modul oleh Ahli.....	120
Tabel 3. 30 Hasil Praktikalitas E-modul oleh Praktisi Pendidikan	121
Tabel 3. 31 Kata dan Kalimat Revisi Uji Keterpahaman E-modul.....	122
Tabel 3. 32 Hasil Uji Keterbacaan E-modul	125
Tabel 3. 33 Rekapitulasi Review Kelayakan E-modul	126

Tabel 4. 1 Sebaran Butir Soal Literasi Sains Berdasarkan Indikator Pembelajaran	127
Tabel 4. 2 Analisis Deskriptif Hasil <i>Pretestt</i> Literasi Sains.....	129
Tabel 4. 3 Analisis Deskriptif Hasil <i>Posttest</i> Literasi Sains	131
Tabel 4. 4 Analisis Hasil Uji Normalitas, Homogenitas, dan Hipotesis Kemampuan Literasi Sains	134
Tabel 4. 5 Data <i>Pretestt</i> dan <i>Posttest</i> Literasi Sains Siswa	135
Tabel 4. 6 Hasil Perolehan Skor Rata-Rata N-gain Kemampuan Literasi Sains	137
Tabel 4. 7 Skor N-gain Kompetensi Utama Literasi Sains	138
Tabel 4. 8 Analisa Deskriptif Angket Awal Kesadaran Keberlanjutan	139
Tabel 4. 9 Analisa Deskriptif Angket Akhir Kesadaran Keberlanjutan.....	141
Tabel 4. 10 Analisis Hasil Uji Normalitas, Homogenitas, dan Hipotesis Kesadaran Keberlanjutan Peserta Didik	143
Tabel 4. 11 Skor Awal dan Akhir Angket Kesadaran Keberlanjutan Siswa	146
Tabel 4. 12 Skor Rata-Rata N-gain Kesadaran Keberlanjutan	146
Tabel 4. 13 Skor N-gain Aspek Kesadaran Keberlanjutan	147
Tabel 4. 14 Hasil Observasi Pembelajaran Siswa.....	148
Tabel 4. 15 Hasil Refleksi Siswa: Hal Baru yang Dipelajari.....	152
Tabel 4. 16 Hasil Refleksi Siswa: Bagian E-modul Paling Menarik	153
Tabel 4. 17 Hasil Refleksi Siswa: Pentingnya Energi Rendah Karbon	154
Tabel 4. 18 Hasil Refleksi Siswa: Perubahan Cara Pandang/Pola Hidup.....	155
Tabel 4. 19 Hasil Refleksi Siswa: Tindakan Nyata dari Pembelajaran.....	157
Tabel 4. 20 Hasil Refleksi Siswa: Perasaan Setelah Mengikuti Pembelajaran...	158
Tabel 4. 21 Ringkasan Hasil Refleksi Siswa	158
Tabel 4. 22 Hasil Angket Tanggapan Siswa	160

DAFTAR PUSTAKA

- Afian, T., & Sahratullah. (2023). Development of Biology *E-module* Based on Integrated Inclusion of Pancasila Student Profiles. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(12), 11024–11028. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i12.5598>
- Agassy Sihombing, R., & Rahman, T. (2024). FROM AWARENESS TO ACTION: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW OF TEACHING MATERIALS BASED ON EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (ESD). *Jurnal Pembelajaran Sains VOLUME*, 8(1). <http://journal2.um.ac.id/index.php/>
- Akhmad Haryono, O., Dosen Fakultas Sastra, Mp., Riset, K., & Dan Pendidikan Tinggi Universitas Jember, T. (2017). *GERMAN 1 MODUL STUDENT CENTERED LEARNING (SCL) BERBASIS E-LEARNING Digital Repository Universitas Jember*.
- Amala, I. A., Sutarto, S., Putra, P. D. A., & Indrawati, I. (2023). Analysis of Scientific Literacy Ability Junior High School Students in Science Learning on Environmental Pollution. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(3), 1001–1005. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i3.1816>
- Anderson, & Krathwohl. (2001). *Bloom's Taxonomy Revised: Understanding the New Version of Bloom's Taxonomy*.
- Anggraini, R., & Indah, R. N. (2021). Sustainability awareness and public support for renewable energy: The role of education in Indonesia's energy transition. *Jurnal Energi Dan Pembangunan Berkelanjutan*, 1(4), 45–56.
- Ashri, N., & Hasanah, L. (2019). UJI KETERPAHAMAN DAN KELAYAKAN BAHAN AJAR IPA TERPADU. *EDUSAINS*, 8(2), 145–149. <https://doi.org/10.15408/es.v8i2.1818>
- Aswirna, P., Samad, D., Devi, I. S., Fahmi, R., & Jannah, R. (2022). STEM-Based *E-module* Integrated Local Wisdom of Rice Stem Fertilizers on Students' Critical and Creative Thinking. *Al-Ta Lim Journal*, 29(1), 15–23. <https://doi.org/10.15548/jt.v29i1.764>
- Azrai, E. P., Heryanti, E., Ramadhani, V., & Ilyas, M. (2024). Enhancing students' pro-environmental behavior through project-based learning. *Biosfer*, 17(2), 317–325. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.28352>
- Baierl, T.-M., Kaiser, F. G., & Bogner, F. X. (2024). The role of attitude toward nature in learning about environmental issues. *Frontiers in Psychology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1471026>
- Breiting, S., Mayer, M., & Mogensen, F. (2009). Action competence, conflicting interests and environmental education. *Education for Sustainability*, 99–112.

- Brundiers, K., Barth, M., Cebrián, G., Cohen, M., Diaz, L., Doucette-Remington, S., Dripps, W., Habron, G., Harré, N., Jarchow, M., Losch, K., Michel, J., Mochizuki, Y., Rieckmann, M., Parnell, R., Walker, P., & Zint, M. (2021). Key competencies in sustainability in higher education—toward an agreed-upon reference framework. *Sustainability Science*, 16(1), 13–29. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00838-2>
- Budiarti, A. N. S. L., Hernani, H., & Amprasto, A. (2022). Teaching Students about Education for Sustainable Development through *E-module* of Indonesian Traditional Fermented Food. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 23(2), 540–553. <https://doi.org/10.23960/jpmipa/v23i2.pp540-553>
- Bybee, R., & McCrae, B. (2011). Scientific Literacy and Student Attitudes: Perspectives from PISA 2006 science. *International Journal of Science Education*, 33(1), 7–26. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518644>
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: from purposes to practices*. Heinmann Publishing.
- Chopra, R., Joshi, A., Nagarajan, A., Fomproix, N., & Shashidhara, L. S. (2019). *Climate Change Education Across the Curriculum* (pp. 53–69). https://doi.org/10.1007/978-3-030-32898-6_4
- Clarisa, G., Danawan, A., Muslim, M., & Wijaya, A. F. C. (2020). Penerapan Flipped Classroom dalam Konteks ESD untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif dan Membangun Sustainability Awareness Siswa. *Journal of Natural Science and Integration*, 3(1), 13. <https://doi.org/10.24014/jnsi.v3i1.8953>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2002). *Research Methods in Education*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203224342>
- Commons, P., Commons, C., Derry, L., Chan, D., Freer, E., Huddart, E., MacEoin, M., Moylan, M., O'Shea, P., Ross, B., Vanderkurk, K., & Waldron, P. (2023). *Heinemann Chemistry 2 Student Book with eBook + Assessment* (6th ed.). Pearson.
- Corral, S., Romero Manrique de Lara, D., Tejedor Salguero, M., Jimenez Mendoza, C., Legna-de la Nuez, D., Dorta Santos, M., & Díaz Peña, F. (2016). Assessing Jatropha Crop Production Alternatives in Abandoned Agricultural Arid Soils Using MCA and GIS. *Sustainability*, 8(6), 505. <https://doi.org/10.3390/su8060505>
- Costa, A. M., Ferreira, M. E., & da Silva Loureiro, M. J. (2021). Scientific literacy: The conceptual framework prevailing over the first decade of the twenty-first century. In *Revista Colombiana de Educacion* (Vol. 1, Issue 81, pp. 195–228). Research Center of Universidad Pedagógica Nacional. <https://doi.org/10.17227/RCE.NUM81-10293>

- Costa, M. C., Ferreira, C. A. F., & Pinho, H. J. O. (2023). Physics of Sound to Raise Awareness for Sustainable Development Goals in the Context of STEM Hands-On Activities. *Sustainability*, 15(4), 3676. <https://doi.org/10.3390/su15043676>
- Creswell, J. W. ., & Poth, C. N. . (2018). *Qualitative Inquiry & Research Design*. SAGE.
- Deboer, G. E. (2000). Scienti@c Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. In *John Wiley & Sons, Inc. J Res Sci Teach* (Vol. 37, Issue 6).
- Departemen Pendidikan Nasional. (2008). *Panduan pengembangan bahan ajar*. Jakarta: Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah. Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah. <https://dindik.pekalongankota.go.id/download/buku-6.html>
- Depdiknas. (2008). *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*.
- Dvinin, D. Yu., & Davankov, A. Yu. (2024). Comprehensive Environmental and Economic Assessment of Low-Carbon Energy Sources. *Journal of Applied Economic Research*, 23(3), 696–720. <https://doi.org/10.15826/vestnik.2024.23.3.028>
- Dwi Prasetyo, et al. (2021). Improvement of students' science literacy skills using STEM-based e-modules. *Journal of Innovative Science Education*, 2(10), 216–221.
- Eilks, I. (2015). Science education and education for sustainable development - justifications, models, practices and perspectives. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(1), 149–158. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1313a>
- Ekamilasari, E., & Pursitasari, I. D. (2021). Students' sustainability awareness through sustainability-integrated learning practices. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana UNNES*, 347–353.
- Ekantini, A., & Wilujeng, I. (2018). The Development of Science Student Worksheet Based on Education for Environmental Sustainable Development to Enhance Scientific Literacy. *Universal Journal of Educational Research*, 6(6), 1339–1347. <https://doi.org/10.13189/ujer.2018.060625>
- Elistiana, V., Novita, N., Wahdi Ginting, F., Muliani, & Fadieny, N. (2024). The Influence of SETS (Science, Environment, Technology, and Society) based E-modules on Scientific Literacy Using the Discovery Learning Model. *Indonesian Journal of Technical and Vocational Education Training*, 1(1), 10–17. <https://doi.org/10.62945/ijtvvet.v1i1.124>

- Eliyawati, Widodo, A., Kaniawati, I., & Fujii, H. (2023). The Development and Validation of an Instrument for Assessing Science Teacher Competency to Teach ESD. *Sustainability (Switzerland)*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/su15043276>
- Evi, S., Syafrinal, Rahmi, F. O., Alimin, M., & Wahono, B. (2024). First-year undergraduate biology education students' critical thinking and self-regulation: Implementation of a metacognitive-based e-learning module. *Journal of Turkish Science Education*, 21(4), 688–704. <https://doi.org/10.36681/tused.2024.037>
- Fadhillah, F., & Andromeda, A. (2020). Validitas dan Praktikalitas *E-modul* Berbasis Inkuiri Terbimbing Terintegrasi Laboratorium Virtual pada Materi Hidrolisis Garam kelas XI SMA/MA. *JURNAL EKSAKTA PENDIDIKAN (JEP)*, 4(2), 179. <https://doi.org/10.24036/jep/vol4-iss2/516>
- Fakhrudin, I. A., Wicaksana, E. J., Nastiti, A. R., Saljadziba, E., & Indriyanti, N. Y. (2021). Pre-Service Teachers' Perspectives: STEM as a Solution to Promote Education for Sustainable Development. *Journal of Physics: Conference Series*, 1842(1), 012082. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1842/1/012082>
- Fakhrudin, M. (2021). Pengembangan *e-modul* berbasis ESD untuk meningkatkan literasi sains siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 4(9), 789–798.
- Fatimah, F. N. U., Siswanto, J., Nuroso, H., & Hayat, M. S. (2023). Implementation of the education for sustainable development (ESD) based predict, observe, and explain (POE) learning module to improve critical thinking skills. *Practice of The Science of Teaching Journal: Jurnal Praktisi Pendidikan*, 2(2), 52–63. <https://doi.org/10.58362/hafecspost.v2i2.32>
- Ferguson, J., Long, J., & Hall, J. (2021). Education for Sustainable Development: A Literature Review. *International Journal of Recent Educational Research*, 4(4), 399–415.
- Field, A. (2018). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics (5th ed.)* (5th ed.). Sage Publication.
- Fitriani, R., & Amalia, A. V. (2023). Development of Environmental Pollution *E-module* Containing Socio Scientific Issue to Train Students' Scientific Literacy. *Journal of Environmental and Science Education*, 3(1), 14–20. <https://doi.org/10.15294/jese.v3i1.59915>
- Fraenkel, J., Wallen, N., & Hyun, H. (2012). *How to Design and Evaluate Research in Education 8th Edition* (8th ed.). McGraw Hill Humanities Social Science.
- Gericke, N., Boeve-de Pauw, J., Berglund, T., & Olsson, D. (2019). The Sustainability Consciousness Questionnaire: The theoretical development and empirical validation of an evaluation instrument for stakeholders working with sustainable

- development. *Sustainable Development*, 27(1), 35–49. <https://doi.org/10.1002/sd.1859>
- Gough, S., & Scott, W. (2003a). *Sustainable Development and Learning: framing the issues*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203464625>
- Gough, S., & Scott, W. (2003b). *Sustainable Development and Learning: framing the issues*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203464625>
- Hake, R. R. (1999). *ANALYZING CHANGE/GAIN SCORES** †. <http://lists.asu.edu/cgi-bin/wa?A2=ind9903&L=aera-d&P=R6855>
- Hariyono, E., Wijaya, A. F. C., & Rusdiana, D. (2024). *Infusing Education for Sustainable Development into the Curriculum: Best Practice from Indonesia's Science Curriculum Implementation* (pp. 141–157). https://doi.org/10.1007/978-981-99-8711-5_9
- Hassan, A., Noordin, T. A., & Sulaiman, S. (2010). The status on the level of environmental awareness in the concept of sustainable development amongst secondary school students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 1276–1280. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.187>
- Hidayatullah, M. R. (2025, January 5). Quest for Clean Energy in Indonesia; What About Development of Renewable Energy in 2024? *Indonesia Investments*. Quest for Clean Energy in Indonesia; What About Development of Renewable Energy in 2024?
- Holishoh, A., Nurhalimah, N., & Hamda, N. (2023). Analysis of the benefits of using *e-modules* as distance learning media: can it help students improve cognitive and affective aspects of students? *Gema Wiralodra*, 14(2), 592–597. <https://doi.org/10.31943/gw.v14i2.313>
- Hollweg, K., Taylor, J., & Bybee, R. (2011a). *Developing a framework for assessing environmental literacy*. NAAEE.
- Hollweg, K., Taylor, J. R., & Bybee, R. W. (2011b). *Developing a framework for assessing environmental literacy*. North American Association for Environmental Education.
- Hoque, F., Yasin, R. M., & Sopian, K. (2022). Revisiting Education for Sustainable Development: Methods to Inspire Secondary School Students toward Sustainability. *International Journal of Current Advanced Research*, 5(11), 1996–2001. <https://journalijcar.org/sites/default/files/issue-files/13842-A-2023.pdf>
- Ictte, P., & Uns, F. (2015a). *PRELIMINARY STUDY ON DEVELOPING SCIENCE LITERACY TEST FOR HIGH SCHOOL STUDENTS IN INDONESIA* (Vol. 1, Issue 1).

- Ictte, P., & Uns, F. (2015b). *SCIENTIFIC LITERACY IN SCIENCE LESSON* (Vol. 1, Issue 1). www.phy.ilstu.edu/
- Idayanti, Z., & Suleman, Muh. A. (2024). *E-modul sebagai Bahan Ajar Mandiri untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik. Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 8(1), 127–133. <https://doi.org/10.23887/jppp.v8i1.61283>
- IESR. (2022, January 11). *In 2022, Indonesia Needs to Strive in Pursuing Energy Transition Ecosystem Readiness*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*.
- International Energy Agency. (2023). *World Energy Outlook 2023*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
- IPCC. (2018). Special Report on the impacts of global warming of 1.5° C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change. *Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*.
- Jaiswal, D., & Singh, B. (2018). Toward sustainable consumption: Investigating the determinants of green buying behaviour of Indian consumers. *Business Strategy & Development*, 1(1), 64–73. <https://doi.org/10.1002/bsd2.12>
- Kemendiknas. (2010). *Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan: Pedoman Implementasi pada Satuan Pendidikan*.
- Kementrian ESDM. (2024). *Kementerian ESDM Ungkap Sumbangsih Sektor Energi untuk Penurunan Emisi GRK*. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/kementerian-esdm-ungkap-sumbangsih-sektor-energi-untuk-penurunan-emisi-grk>
- Kerlinger, F. N. (2000). *Foundations of Behavioral Research* (4th ed.).
- Khery, Y., Sarjan, M., Ahzan, S., & Efendi, I. (2022). Konseptualisasi Literasi Sains Mengacu pada Kerangka Sains Pisa Sejak Tahun 2000. *Educatoria : Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 2(4), 200–231. <https://doi.org/10.36312/ejiip.v2i4.117>
- Kioui, V., & Voulvoulis, N. (2022a). The Contribution of Higher Education to Sustainability: The Development and Assessment of Sustainability Competences in a University Case Study. *Education Sciences*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/educsci12060406>
- Kioui, V., & Voulvoulis, N. (2022b). The Contribution of Higher Education to Sustainability: The Development and Assessment of Sustainability Competences in

- a University Case Study. *Education Sciences*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/educsci12060406>
- Koh, J. H. L., & Chai, C. S. (2016). Seven design frames that teachers use when considering technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Computers & Education*, 102, 244–257. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.09.003>
- Kolb, D. A. (2015). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Pearson Education.
- Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>
- Kusumawati, P. R. D., Aristiyanto, R., & Muflikhah, I. K. (2023a). PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS PENDIDIKAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN DALAM PEMBELAJARAN IPA. *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 13(2), 149–155. <https://doi.org/10.24929/lensa.v13i2.366>
- Kusumawati, P. R. D., Aristiyanto, R., & Muflikhah, I. K. (2023b). PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS PENDIDIKAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN DALAM PEMBELAJARAN IPA. *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 13(2), 149–155. <https://doi.org/10.24929/lensa.v13i2.366>
- Laessoe, J., Schnack, K., & Breiting, S. (2009). Education for Sustainable Development, Scientific Literacy and Citizenship: A Symbiotic Relationship. *Scientific Literacy and Education for Sustainable Development*, 51–68.
- Lastri, Y. (2023). PENGEMBANGAN DAN PEMANFAATAN BAHAN AJAR E-MODUL DALAM PROSES PEMBELAJARAN. *Jurnal Citra Pendidikan*, 3(3), 1139–1146. <https://doi.org/10.38048/jcp.v3i3.1914>
- Latifah, I., Sundawa, D., & Syaifulla, S. (2019). IMPLEMENTASI PROGRAM ADIWIYATA DALAM MENGEMBANGKAN CIVIC DISPOSITION SISWA DI SMK NEGERI 1 KARAWANG. *Jurnal Civicus*, 19(1).
- Leonard, D. (2015). *Vision III of Scientific Literacy: Science Education for Sustainability*.
- Leonard, S. L. (2012). *SCIENTIFIC LITERACY AND EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT: DEVELOPING SCIENTIFIC LITERACY IN ITS FUNDAMENTAL AND DERIVED SENSES*.
- Lestari, H., Ali, M., & Sopandi, W. (2022). The ESD-oriented RADEC model: To improve students sustainability consciousness in elementary schools. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 12(2). <https://doi.org/10.47750/pegegog.12.02.11>

- Littleddyke, M. (2008). Science education for environmental awareness: approaches to integrating cognitive and affective domains. *Environmental Education Research*, 14(1), 1–17. <https://doi.org/10.1080/13504620701843301>
- Lizawati, A. H., & Aman, B. (2011). *THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL KNOWLEDGE AND CONCERN ON GREEN PURCHASE INTENTION. THE ROLE OF ATTITUDE AS MEDIATING VARIABLE*.
- Mahat, H., Idrus, S., Geografi, J., Sekitar, A., & Sains Kemanusiaan, F. (2016). *Education for sustainable development in Malaysia: A study of teacher and student awareness*.
- Millah, E. S. (2012). Kriteria Uji Keterbacaan Bahan Ajar. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 1(4), 12–18.
- Minium, E. W., King, B. M., & Bear, G. (1993). *Statistical Reasoning in Psychology and Education* (3rd ed.). Wiley.
- Miranda, D., & Wibowo, Y. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Aplikasi Android Pada Materi Sistem Pernapasan Kelas XI SMA. *Jurnal Edukasi Biologi*, 9(1), 77–89. <https://doi.org/10.21831/edubio.v9i1.18146>
- Mochizuki, Y. (2019). Rethinking Schooling for the 21st Century: UNESCO-MGIEP's Contribution to SDG 4.7. *Sustainability: The Journal of Record*, 12(2), 88–92. <https://doi.org/10.1089/sus.2019.29160>
- Mohd Radzi, N. A., Saidi, N. A., Hasbollah, H. R., Hashim, H., & Abdullah, F. A. (2022). REVISITING A STUDY OF AWARENESS AND PERCEPTION TOWARDS SUSTAINABILITY. *Journal of Tourism, Hospitality and Environment Management*, 7(28), 102–118. <https://doi.org/10.35631/JTHEM.728008>
- Munawaroh, H., & Aisyah, S. (2024). Some Weaknesses Associated with the Use of Textbooks. *Jurnal Pendidikan Edutama*, 11(2), 1. <https://doi.org/10.30734/jpe.v11i2.4178>
- Murti, A. D., Hernani, H., & Fatimah, S. S. (2024). Analysis of Indonesian Students Scientific Literacy Ability in Chemistry Learning: A Systematic Literature Review. *Journal of Education and Learning Research*, 2(1), 43–51. <https://doi.org/10.62208/jelr.2.1.p.43-51>
- Mutia, T. (2025). Efektivitas *E-modul* Interaktif Berbasis Project Based Learning Terhadap Kemampuan Berfikir Kreatif Siswa. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu Dan Pendidikan Geografi*, 9(1), 42–51. <https://doi.org/10.29408/geodika.v9i1.28193>
- Najwa, H. A., & Suhartini. (2023). Development of *E-module* Integrated with Education for Sustainable Development (ESD) on Enviromental Change Material. *Jurnal*

Penelitian Pendidikan IPA, 9(12), 12130–12138.
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i12.6105>

- N.L.P.W. Pratiwi, N. Dantes, & D.G.H. Divayana. (2021). PENGEMBANGAN MODUL ELEKTRONIK BERBASIS EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT MENGGUNAKAN FLIP PDF PROFESSIONAL PADA MUATAN PELAJARAN IPA TEMA LINGKUNGAN SAHABAT KITA UNTUK SISWA KELAS V. *Jurnal Teknologi Pembelajaran Indonesia*, 11(2), 157–169. https://doi.org/10.23887/jurnal_tp.v11i2.661
- Nurramadhani, A., Riandi, R., Permanasari, A., & Suwarma, I. R. (2024). How does Low-Carbon Education Developed in Indonesia? Bibliometric Analysis. *Pedagonal : Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 8(2), 177–187. <https://doi.org/10.55215/pedagonal.v8i2.19>
- Nuryanti, T., Pursitasari, I. D., & Rubini, B. (2023). Science Literacy Profile of Junior High School Students on Climate Change Material. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 8390–8395. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.5218>
- OECD. (2013). *PISA 2015 Draft Science Framework*.
- OECD. (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- OECD. (2023a). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- OECD. (2023b). *PISA 2025 SCIENCE FRAMEWORK (DRAFT)*. <https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/>
- Onwuegbuzie, A. J., Bustamante, R. M., & Nelson, J. A. (2010). Mixed research as a tool for developing quantitative instruments. *Journal of Mixed Methods Research*, 4(1), 56–78. <https://doi.org/10.1177/1558689809355805>
- Pakpahan, H. M., Suherni, S., Pujiati, L., & Girsang, R. (2023). Effectiveness of Indonesian Education Curriculum Reform on the Quality of Processes in Learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(1), 564–569. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i1.3930>
- Pendidikan dan Studi Islam, J., Sholeh, B., Hufad, A., Fathurrohman Risalah, M., Fathurrohman, M., *E-modul Interaktif Dalam Pembelajaran Mandiri Sesuai Kapasitas Siswa*, P., & Pendidikan Dan Studi, J. (2023). *Pemanfaatan E-modul Interaktif dalam Pembelajaran Mandiri Sesuai Kapasitas Siswa*. 9(2). https://doi.org/10.31943/jurnal_risalah.v9i2.458
- Perwitasari, S. I., Hariyono, E., & Susantini, E. (2023). Implementation of ESD (Education for Sustainable Development) in Climate Change Learning: A

- Literature Review. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 4(4), 399–415. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v4i4.317>
- Pratama, A. Y., Chasanatun, F., & Lestari, S. (2023). Pengaruh *E-modul* (Elektronik LKPD) Terhadap Hasil Belajar Kognitif IPAS Siswa Kelas IV Sekolah Dasar. *Prosiding Konferensi Ilmiah Dasar*, 4, 1479–1487.
- Pratiwi, H. Y., Aji, S. D., Hakim, A. R., Sundaygara, C., Gurtin, A., & Hudha, M. N. (2023). *E-module* of Physics Science Integrated with Sustainable Development Goals to Enhance Students' Environmental Literacy. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 7(1), 128. <https://doi.org/10.20527/jipf.v7i1.6844>
- Pringle, R. M. (2020). Literacy Skills and Science Learning. In *Researching Practitioner Inquiry as Professional Development* (pp. 59–86). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59550-0_5
- Putri, S. K., Nugraha, A., & Putri, A. R. (2025). Analisis kebutuhan pengembangan *e-modul* berbasis 7 th SDGs pada materi energi di sekolah dasar. *Journal of Elementary Education*, 08.
- Rahima, R., Kaspul, K., & Putra, A. P. (2022). Validitas dan keterbacaan peserta didik kelas X SMA terhadap pengembangan modul elektronik berbasis Flip Html5 konsep protista. *Jurnal Pendidikan UNIGA*, 1(16), 570–580.
- Rahmatsyah, S. W., & Dwiningsih, K. (2021). Development of Interactive *E-module* on The Periodic System Materials as an Online Learning Media. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(2), 255–261. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i2.582>
- Rauch, F. (2004). Education for sustainability: A regulative idea and trigger for innovation. In *Key issues in sustainable development and learning: A critical review* (pp. 149–151). Routledge Falmer.
- Rieckmann, A. J. (2018). *Education for Sustainable Development Goals: learning objectives*. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/CGBA9153>
- Rifqi, M. (2024a). *Muhammad Rifqi, 2024 PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT DAN LITERASI SAINS PADA TOPIK BATERAI*.
- Rifqi, M. (2024b). *PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT DAN LITERASI SAINS PADA TOPIK BATERAI*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Rosenburg, E. (2007). Science Literacy, Environmental Literacy, Sustainability Literacy. *Journal of Environmental Education*, 38(4), 3–9.

- Rubiyanto, R., Yulita, I. K., & Ernawati, M. T. (2024). Sustainable Knowledge, Awareness, Attitude and Intention for Gen-Z Sustainable Consumption. *EKOMBIS REVIEW: Jurnal Ilmiah Ekonomi Dan Bisnis*, 1(12), 517–526.
- Sa'diyah, K. (2021). Pengembangan *E-modul* Berbasis Digital Flipbook Untuk Mempermudah Pembelajaran Jarak Jauh Di SMA. *EDUKATIF : JURNAL ILMU PENDIDIKAN*, 3(4), 1298–1308. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v3i4.561>
- Salsabila, E. R., Wijaya, A. F. C., & Winarno, N. (2019). Improving Students' Sustainability Awareness through Argument-driven Inquiry. *Journal of Science Learning*, 2(2), 58. <https://doi.org/10.17509/jsl.v2i2.13104>
- Salsabila, N., Rahmawati, Y., & Ridwan, A. (2019). Analisis kesadaran keberlanjutan siswa SMA di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 2(7), 120–130.
- Saqina, R. T. (2025). *Pengembangan E-modul Berbasis Education for Sustainable Development (ESD) pada Materi Energi Terbarukan sebagai Bahan Ajar Sustainability Awareness Peserta Didik SMA*. Universitas Sriwijaya.
- Sari, N. K., Heliawati, L., & Rubini, B. (2024). Analysis of Sustainable Awareness of Junior High School Students on Biotechnology Material. *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, 5(4), 556–567. <https://doi.org/10.46843/jiecr.v5i4.1911>
- Setyowati, Y., Kaniawati, I., Sriyati, S., & Nurlaelah, E. (2022). The Development of Science Teaching Materials Based on the PjBL-STEM Model and ESD Approach on Environmental Pollution Materials. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 6(1), 45–53.
- Shen, M. H. (2013). Literature Review about Low-Carbon Energy and Reduce Carbon Emission from Energy Research. *Journal of Low Carbon Economy*, 02(01), 49–56. <https://doi.org/10.12677/JLCE.2013.21008>
- Sifah, L., Dewi, E. R. S., Roshayanti, F., & Hayat, M. S. (2024). Profiles of science process skills and sustainability awareness of junior high school students. *PENDIPA Journal of Science Education*, 8(3), 549–556. <https://doi.org/10.33369/pendipa.8.3.549-556>
- Sisdwinugraha, P., Rosadi, A., Putra Sisdwinugraha, A., & hapsari, A. (2025). *Imprint Indonesia Energy Transition Outlook 2025 Navigating Indonesia's Energy Transition at the Crossroads: A Pivotal Moment for Redefining the Future* (Vol. 5). www.iesr.or.id|iesr@iesr.or.id
- Sjöström, J., Eilks, I., & Zuin, V. G. (2016). Towards eco-reflexive science education: A critical reflection about educational implications of green chemistry. *Science and Education*, 321–341.

- Sunismi, N. H., & Halim, G. (2015). Analisis Kebutuhan Pengembangan Elektronik Modul Berbasis Education For Sustainable Development untuk Siswa di Sekolah Dasar. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*.
- Sunismi, S., & Fathani, A. H. (2018). PENGEMBANGAN E-MODULE KALKULUS I SEBAGAI PANDUAN MAHASISWA UNTUK MENGOPTIMALKAN INDIVIDUAL LEARNING. *JPM: Jurnal Pendidikan Matematika*, 1(2), 192. <https://doi.org/10.33474/jpm.v1i2.820>
- Supa'at, S., & Ihsan, I. (2023). The Challenges of Elementary Education in Society 5.0 Era. *International Journal of Social Learning (IJSL)*, 3(3), 341–360. <https://doi.org/10.47134/ijsl.v3i3.214>
- Syafitri, N. F. (2022). PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (ESD) PADA PENGEMBANGAN E-MODUL. UNIVERSITAS PENDIDIKA INDONESIA.
- Ta Saqina, R. (2024). *Pengembangan e-modul berbasis education for sustainable development (ESD) pada materi energi terbarukan sebagai bahan ajar sustainability awareness peserta didik SMA* [Universitas Negeri Semarang]. <https://lib.unnes.ac.id/62319/>
- Tahmid, T., Nurkhoiri, N., & Syaiful, M. (2024). Implementasi Perangkat Belajar Sains Berbasis ESD pada Materi Pencemaran Lingkungan untuk Peningkatan Literasi dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Diklabio: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Biologi*, 8(2), 235–245. <https://doi.org/10.33369/diklabio.8.2.235-245>
- Terrell, S. R. (2012). Mixed-Methods Research Methodologies. In *The Qualitative Report* (Vol. 17). <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR17-1/terrell.pdf>
- UNESCO. (2019). *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives*.
- UNESCO. (2020). *Education for Sustainable Development: ESD for 2030 Framework*.
- UNESCO. (2021). *Berlin Declaration on Education for Sustainable Development*.
- United Nations. (2020). *Global indicator framework for the Sustainable Development Goals and targets of the 2030 Agenda for Sustainable Development; SD Goals*.
- UNSECO. (2019). *Curriculum and Learning for Climate Action*.
- Untung Ritonga, M., Wuriyani, E., & Fadila Nasution, R. (2025). Digitalisation of Education For Sustainable Development (ESD) Learning through Hots Literacy-Based Literature Learning Design in Elementary Schools. *Proceedings of the 6th International Conference on Innovation in Education, Science, and Culture*,

ICIESC 2024, 17 September 2024, Medan, Indonesia.
<https://doi.org/10.4108/eai.17-9-2024.2352966>

- Vilmala, B. K., Karniawati, I., Suhandi, A., Permanasari, A., & Khumalo, M. (2022a). 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>
- Vilmala, B. K., Karniawati, I., Suhandi, A., Permanasari, A., & Khumalo, M. (2022b). 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>
- Volfing, A. (2007). Literacy and Textual Culture: Letters, Lettering, and Literature. In *Medieval Literacy and Textuality in Middle High German* (pp. 13–32). Palgrave Macmillan US. https://doi.org/10.1057/9780230607224_2
- 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>
- Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6(2), 203–218. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>
- Wijaya, J. E., Vidiанти, A., & Pebriantika, L. (2019). Needs Analysis for The Development of *E-modules* as Teaching Materials. *Asia Proceedings of Social Sciences*, 03(4), 49–51. <https://doi.org/10.4236/ce.2012.32043>
- Williams, D. (2021). *Cambridge IGCSE Physics* (4th ed.). Cambridge University Press.
- World Bank. (2021). *The Impact of Energy Shortages on Households and Firms*.
- Wu, J. (2019). Education for Sustainable Development: A Review of International Literature and Practice. *Journal of Education for Sustainable Development*, 13(1), 1–15.
- Yergin, D. (2020). *The New Map: Energy, Climate, and the Clash of Nations*.
- Yuliawati, F., Sulistyowati, E., Ekantini, A., & Wijayanti, I. D. (2024). Increasing Students' Scientific Literacy Competence Through A Stem-Based PjBL Learning Model: A Case Study of an Ecosystem Project. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(12), 10538–10546. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i11.6874>

ZINNURAIN, Z. (2021). PENGEMBANGAN *E-MODUL* PEMBELAJARAN INTERAKTIF BERBASIS FLIP PDF CORPORATE EDITION PADA MATA KULIAH MANAJEMEN DIKLAT. *ACADEMIA: Jurnal Inovasi Riset Akademik*, 1(1), 132–139. <https://doi.org/10.51878/academia.v1i1.546>