

**PENGEMBANGAN E-MODUL BERORIENTASI ESD
PADA TOPIK PENGOLAHAN LIMBAH KELAPA SAWIT
MENJADI SUMBER ENERGI ALTERNATIF
UNTUK MELATIH LITERASI SAINS PESERTA DIDIK**



SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Pendidikan Program Studi Pendidikan Kimia

Oleh:

Jesifa Anggraini

NIM.2109302

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

**PENGEMBANGAN E-MODUL BERORIENTASI ESD
PADA TOPIK PENGOLAHAN LIMBAH KELAPA SAWIT
MENJADI SUMBER ENERGI ALTERNATIF
UNTUK MELATIH LITERASI SAINS PESERTA DIDIK**

Oleh
Jesifa Anggraini

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Kimia

© Jesifa Anggraini 2025
Universitas Pendidikan Indonesia
Juli 2025

Hak cipta dilindungi undang-undang
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang,
fotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN

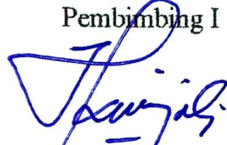
**PENGEMBANGAN E-MODUL BERORIENTASI ESD
PADA TOPIK PENGOLAHAN LIMBAH KELAPA SAWIT MENJADI
SUMBER ENERGI ALTERNATIF UNTUK MELATIH LITERASI SAINS
PESERTA DIDIK**

Jesifa Anggraini

NIM.2109302

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

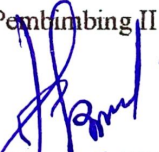
Pembimbing I



Drs. Ali Kusrijadi, M.Si.

NIP. 196706291992031001

Pembimbing II



Dr. Hernani, M.Si.

NIP. 1967110919910121001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Kimia



Prof. Dr. Wiji, M.Si.

NIP. 197204302001121001

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan e-modul berorientasi ESD pada topik pengolahan limbah kelapa sawit menjadi sumber energi alternatif. Metode penelitian yang digunakan adalah *Design and Development Research* (DDR) tipe satu yang berfokus pada pengembangan produk melalui tahapan *specific project phases* yang meliputi tahap analisis, perancangan, pengembangan, dan evaluasi. Penelitian ini dilaksanakan di salah satu SMA di Kota Bandung dengan partisipan tujuh guru kimia pada tahap analisis kebutuhan, sembilan orang peserta didik pada tahap uji coba terbatas serta tiga orang validator yang terdiri dari dua dosen ahli dan satu guru kimia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memuat aspek literasi sains dan aspek ESD, serta komponen e-modul yang meliputi bagian pendahuluan, uraian materi, rangkuman, latihan, evaluasi, refleksi diri dan komponen pelengkap lainnya. Hasil validasi menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memenuhi kriteria kelayakan e-modul dengan beberapa saran perbaikan dari validator. Hasil analisis profil literasi sains peserta didik secara umum menunjukkan ketercapaian kompetensi dan aspek literasi sains yang termuat dalam e-modul, sehingga secara keseluruhan disimpulkan bahwa e-modul yang dikembangkan berpotensi untuk melatih literasi sains peserta didik.

Kata Kunci: DDR, E-Modul, Energi Alternatif, ESD, Literasi Sains

ABSTRACT

This research aims to produce ESD-oriented e-modules on the topic of processing palm oil waste into alternative energy sources. The research method used is Design and Development Research (DDR) type one which focuses on product development through specific project phases which include analysis, design, development, and evaluation stages. This research was conducted in one of the high schools in Bandung City with participants of seven chemistry teachers at the needs analysis stage, nine students at the limited trial stage and three validators consisting of two expert lecturers and one chemistry teacher. The results showed that the developed e-module contains aspects of science literacy and ESD aspects, as well as e-module components which include introduction, material description, summary, exercises, evaluation, self-reflection and other complementary components. The validation results show that the developed e-modules fulfil the criteria for e-module feasibility with some suggestions for improvement from the validators. The results of the analysis of the learners' science literacy profile in general show the achievement of the competencies and aspects of science literacy contained in the e-module, so overall it is concluded that the developed e-module has the potential to train students' science literacy.

Keywords: *Alternative Energy, DDR, E-Module, ESD, Science Literacy*

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	6
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. E-Modul.....	8
2.2. <i>Education for Sustainable Development</i> (ESD)	11
2.3. Literasi Sains	13
2.4. Pengolahan Limbah Kelapa Sawit Menjadi <i>Bio-Oil</i> Dengan Menggunakan Metode Pirolisis	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1. Desain Penelitian	27
3.2. Alur Penelitian	27
3.3. Partisipan dan Tempat Penelitian.....	29
3.4. Instrumen Penelitian	30
3.5. Teknik Analisis Data.....	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1. Desain Pengembangan E-Modul	37
4.2. Hasil Validasi Ahli Terkait Pengembangan Produk E-Modul Modul...	68
4.3. Profil Literasi Sains Peserta Didik Berdasarkan Penggunaan E-Modul Dalam Uji Coba Terbatas.....	87
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	121
5.1.Simpulan.....	121
5.2.Saran	122
DAFTAR PUSTAKA.....	124
LAMPIRAN.....	129

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Aspek Konteks PISA 2025	16
Tabel 2.2 Aspek Pengetahuan PISA 2025	18
Tabel 2.3 Aspek Identitas Sains PISA 2025	19
Tabel 3.1 Instrumen Pengumpulan Data	30
Tabel 3.2 Format Perumusan Tujuan Pembelajaran Aspek Sikap (Identitas Sains)	31
Tabel 3.3 Format Perumusan Tujuan Pembelajaran Aspek Pengetahuan	32
Tabel 3.4 Format Perumusan Tujuan Pembelajaran Aspek Keterampilan	32
Tabel 3.5 Format Perumusan Konten/Konteks	32
Tabel 3.6 Format penyusunan <i>outline</i> e-modul.....	32
Tabel 3.7 Format Penggabungan Teks Asli.....	33
Tabel 3.8 Format Pembuatan Teks Dasar.....	33
Tabel 3.9 Format Perumusan Soal Latihan dan Evaluasi.....	34
Tabel 3.10 Lembar Validasi Teks	35
Tabel 3.11 Lembar Validasi Soal.....	35
Tabel 3.12 Format Analisis Profil Literasi Sains Peserta Didik.....	36
Tabel 3.13 Format Kesimpulan Hasil Profil Literasi Sains Peserta Didik.....	36
Tabel 4.1 Capaian Pembelajaran (CP) dan Profil Pelajar Pancasila (P3) Pada Kurikulum Merdeka	38
Tabel 4.2 Hasil Survei Pendahuluan untuk Pertanyaan Pertama	40
Tabel 4.3 Hasil Survei Pendahuluan untuk Pertanyaan Kedua	42
Tabel 4. 4 Rumusan Tujuan Pembelajaran Aspek Sikap.....	44
Tabel 4.5 Rumusan Tujuan Pembelajaran Aspek Pengetahuan	46
Tabel 4. 6 Rumusan Tujuan Pembelajaran Aspek Keterampilan	50
Tabel 4.7 <i>Outline</i> E-Modul	52
Tabel 4.8 Contoh Penggabungan Teks Asli Konteks dan Teks Asli Konten	54
Tabel 4.9 Contoh Hasil Penghalusan Teks Dasar.....	55
Tabel 4.10 Contoh Perumusan Soal Latihan dan Evaluasi	56
Tabel 4.11 Daftar Bacaan Tambahan.....	68

Tabel 4.12 Hasil Validasi E-modul.....	69
Tabel 4.13 Perbaikan Untuk Temuan 1	71
Tabel 4.14 Perbaikan Teks Untuk Temuan 2.....	72
Tabel 4.15 Perbaikan Teks Untuk Temuan 3.....	73
Tabel 4. 16 Perbaikan Teks Untuk Temuan 4.....	73
Tabel 4.17 Perbaikan Gambar Untuk Temuan 5	74
Tabel 4.18 Perbaikan Teks Untuk Temuan 6.....	75
Tabel 4.19 Perbaikan Teks Untuk Temuan 7.....	76
Tabel 4.20 Perbaikan Teks Untuk Temuan 8.....	77
Tabel 4.21 Perbaikan Soal Latihan untuk Temuan 1	78
Tabel 4.22 Perbaikan Soal Latihan untuk Temuan 2.....	78
Tabel 4.23 Perbaikan Soal Latihan untuk Temuan 3.....	79
Tabel 4.24 Perbaikan Soal Latihan untuk Temuan 4.....	80
Tabel 4.25 Perbaikan Soal Latihan untuk Temuan 5.....	82
Tabel 4.26 Perbaikan Soal Evaluasi untuk Temuan 1	83
Tabel 4.27 Perbaikan Soal Evaluasi untuk Temuan 2	84
Tabel 4.28 Perbaikan Soal Evaluasi untuk Temuan 3	85
Tabel 4.29 Perbaikan Soal Evaluasi untuk Temuan 4	85
Tabel 4.30 Perbaikan Soal Evaluasi untuk Temuan 5	86
Tabel 4.31 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 1	88
Tabel 4.32 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 2	90
Tabel 4.33 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 3	92
Tabel 4.34 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 4	93
Tabel 4.35 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 5	95
Tabel 4.36 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 6	96
Tabel 4.37 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 7	97
Tabel 4.38 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 8	98
Tabel 4.39 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 9	100
Tabel 4.40 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 10	102
Tabel 4.41 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 11	104
Tabel 4.42 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 12	105

Tabel 4.43 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 13	107
Tabel 4.44 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 14	109
Tabel 4.45 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 15	110
Tabel 4.46 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 16	112
Tabel 4.47 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 17	114
Tabel 4.48 Profil Literasi Sains Peserta Didik Pada Soal Nomor 18	115
Tabel 4.49 Kesimpulan Hasil Profil Literasi Sains Peserta Didik	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Selulosa	23
Gambar 2.2 Struktur Hemiselulosa	24
Gambar 2.3 Struktur Lignin	24
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	29
Gambar 4.1 Sampul Depan E-Modul.....	59
Gambar 4.2 Kata Pengantar E-Modul.....	59
Gambar 4.3 Daftar Isi E-Modul	60
Gambar 4.4 Deskripsi E-modul.....	61
Gambar 4.5 Tujuan Pembelajaran	61
Gambar 4.6 Petunjuk Penggunaan E-Modul.....	62
Gambar 4.7 Peta Konsep.....	62
Gambar 4.8 Tujuan Pembelajaran Per Submodul	63
Gambar 4.9 Uraian Materi dan Soal Latihan	64
Gambar 4.10 Rangkuman	65
Gambar 4.11 Refleksi Diri	65
Gambar 4.12 Soal Evaluasi	66
Gambar 4.13 Glosarium	66
Gambar 4.14 Daftar Pustaka	67

DAFTAR SINGKATAN

CP	: Capaian Pembelajaran
DDR	: <i>Design and Development Research</i>
ESD	: <i>Education for Sustainable Development</i>
EESD	: <i>Education for Environmental Sustainable Development</i>
IPA	: Ilmu Pengetahuan Alam
IS	: Identitas Sains
KS	: Kompetensi Sains
LKS	: Lembar Kerja Siswa
OECD	: <i>Organisation for Economic Cooperation and Development</i>
P3	: Profil Pelajar Pancasila
PD	: Peserta Didik
PE	: Pengetahuan Epistemik
PK	: Pengetahuan Konten
PP	: Pengetahuan Prosedural
PISA	: <i>Programme for International Student Assessment</i>
SDG's	: <i>Sustainable Development Goals</i>
TKKS	: Tandan Kosong Kelapa Sawit
UNESCO	: <i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Survei Pendahuluan Dengan Guru Kimia SMA	129
Lampiran 2. Perumusan Tujuan Pembelajaran.....	132
Lampiran 3. Perumusan Konten dan Konteks.....	141
Lampiran 4. <i>Outline</i> E-Modul	145
Lampiran 5. Format Penggabungan Teks Asli	148
Lampiran 6. Format Pembuatan Teks Dasar	170
Lampiran 7. Perumusan Soal Latihan dan Evaluasi.....	199
Lampiran 8. Instrumen dan Hasil Validasi E-Modul.....	222
Lampiran 9. Instrumen dan Hasil Validasi Soal Dalam E-Modul	229
Lampiran 10. Instrumen dan Hasil Analisis Jawaban Peserta Didik.....	265
Lampiran 11. Cuplikan E-Modul	387
Lampiran 12. Surat Izin Penelitian.....	389
Lampiran 13. Surat Balasan dari Sekolah	390
Lampiran 14. Dokumentasi Penelitian	391
Lampiran 15. Riwayat Hidup Penulis	392

DAFTAR PUSTAKA

- Afianti, D. (2024). Penggunaan Aplikasi Canva dalam Proses Pembelajaran. *Journal EduTech*, 1(1), 9–16.
- Afifulloh, M., & Cahyanto, B. (2021). Analisis Kebutuhan Pengembangan Bahan Ajar Elektronik di Era Pandemi Covid-19. *Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, 6(2), 31–36.
- Afriliana, A. N., Salasiah, & Sanjaya, A. S. (2021). Pembuatan Bio Oil Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Metode Pirolisis *Making Bio-Oil From Palm Oil Shells By Pyrolysis Method*. *Jurnal Chemurgy*, 05(2), 53–60. <http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TK>
- Alfiani, D. L. N., Rofita, H. D., Efendi, I., & Fatmawati. (2024). Dampak Pembuangan Limbah Pabrik Industri Kelapa Sawit Terhadap Keberlangsungan Hidup Masyarakat Di Kabupaten Indragiri Hulu. *Scientica: Jurnal Ilmiah Sain Dan Teknologi*, 3(1), 773–780.
- Amanda, Y., & Albina, M. (2024). Analisis Tujuan Pembelajaran Menurut Ade Darman Regina. *QAZI: Journal of Islamic Studies*, 1(2), 106–112.
- Anderson, G., Booth, J., Fahey, C., Richards, A., Sauer, S. S., & Wegman, D. (2024). *Alkanes and Alkyl Halides: Organic and Biochemistry Supplement to Enhanced Introductory College Chemistry*. Georgian College & Loyalist College. <https://ecampusontario.pressbooks.pub/orgbiochemsupplement/>
- Andini, Y. F., Fitri, R., & Rahmi, Y. L. (2022). Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis Etnosains pada Mata Pelajaran Biologi untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik: Literatur Review. *Spizaetus: Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 3(3), 72–79. <https://doi.org/10.55241/spibio.v3i3.70>
- A'nnisa, L., Sasana, H., & Septiani, Y. (2020). Analysis Of Fossil Energy Consumption, Co2 Emissions, Renewable Energy Consumption And Economic Growth On Indonesian Health Expenditure For The Period 2000-2017. *DINAMIC: Directory Journal of Economic*, 2(2), 431.
- Ardianto, D. D., & Rubini, B. (2016). Comparison Of Students'scientific Literacy In Integrated Science Learning Through Model Of Guided Discovery And Problem Based Learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(1), 31–37.
- Astuti, W. (2018). *Adsorpsi Menggunakan Material Berbasis Lignoselulosa*. Unnes Press.
- Aziza, M. (2021). Pengembangan E-Module Audiovisual Operasi Aritmatika Dasar Berbasis Pemahaman Konsep Dan Nilai-Nilai Akhlak. *Kwangsan: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 9(2), 237–258. <https://doi.org/10.31800/jtp.kw.v9n2.p237--258>
- BPS. (2022). *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2022*.
- Choi, M. Y. (2019). *Sub-Education policy review report: Education for sustainable development*.
- Donkoh, S. (2023). Application of triangulation in qualitative research. *Journal of Applied Biotechnology & Bioengineering*, 10(1), 6–9. <https://doi.org/10.15406/jabb.2023.10.00319>
- 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>
- Ernawati, T., & Susanti. (2021). E-Modul Ipa 2 Untuk Pembelajaran Mandiri Di Masa Pandemi Covid-19. *KoPeN: Konferensi Pendidikan Nasional*, 3(1), 107–4.
- Evizal, R., Fembriarti, D., & Prasmatiwi, E. (2023). Biochar: Pemanfaatan Dan Aplikasi Praktis Biochar: Beneficial and Best Practices. *Jurnal Agrotropika*, 22(1), 1–12.
- Fatriasari, W., Masruchin, N., & Hermiati, E. (2019). *Selulosa Karakteristik dan Pemanfaatannya*. LIPI Press.
- Febriyanti, F., Fadila, N., Sanjaya, A. S., Bindar, Y., & Irawan, A. (2019). Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Bio-Char, Bio-Oil Dan Gas Dengan Metode Pirolisis. *Journal Chemurgy*, 03(2), 12.
- Fidli, M. N. (2021). *Pencemaran Udara Akibat Pembakaran Janjang Kelapa Sawit*. <https://repository.uir.ac.id/>
- Fitria, Y., & Indra, W. (2020). *Pengembangan Model Pembelajaran PBL Berbasis Digital untuk Meningkatkan Karakter Peduli Lingkungan dan Literasi Sains*. Deepublish.
- Fuadi, H., Robbia, A. Z., Jamaluddin, J., & Jufri, A. W. (2020). Analisis Faktor Penyebab Rendahnya Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(2), 108–116. <https://doi.org/10.29303/jipp.v5i2.122>
- Hasibuan, M. I., Husna, A. F., Febrianti, F., Pangaribuan, A. R., Surbakti, T. A., & Pulungan, A. N. (2021, December 11). *Studi Awal Konversi Limbah Pelepah Kelapa Sawit Menjadi Bio-Oil Dengan Teknik Semi Fast Pyrolysis sebagai Sumber Bahan bakar Alternatif*.
- Ilhami, A., Hidayat, T., & Riandi. (2024). Analisis Trends Produksi dan Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit Pada Perkebunan Rakyat di Provinsi Riau. *EL-JUGHRAFIYAH*, 4(1), 14–22.
- Inayati, U. (2022). Konsep dan Implementasi Kurikulum Merdeka pada Pembelajaran Abad-21 di SDMI. *ICIE: International Conference on Islamic Education*, 2.
- Irkhamni, I., Izza, A. Z., Salsabila, W. T., & Hidayah, N. (2021). Pemanfaatan Canva Sebagai E-Modul Pembelajaran Matematika Terhadap Minat Belajar Peserta Didik. *Prosiding Konferensi Ilmiah Pendidikan*, 2, 127–134. <https://proceeding.unikal.ac.id/index.php/kip>
- Jamilatun, S., Hakika, D. C., Sarah, D., & Puspitasari, A. (2024). Generation and Characterization of Bio-Oil Obtained From The Slow Pyrolysis of Oil Palm Empty Fruit Bunches at Various Temperatures. *Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology*, 10(1), 103–114. <https://doi.org/10.22373/ekw.v10i1.17844>
- Kemdikbud. (2021). *Lokakarya Nasional Inisiatif Indonesia Menuju Pendidikan Berkelanjutan (ESD) tahun 2030*. <https://www.kemdikbud.go.id/main/blog/2021/04/lokakarya-nasional-inisiatif-indonesia-menuju-pendidikan-berkelanjutan-esd-tahun-2030>
- Kemdikbud. (2023). *Pisa 2022 Dan Pemulihan Pembelajaran Di Indonesia*.
- Kemendikbud. (2017). *Panduan Praktis Penyusunan E-Modul*.

- Kemendikbud Ristek. (2022). *Pedoman Penerapan Kurikulum Dalam Rangka Pemulihan Pembelajaran*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi.
- Kemendikbud Ristek. (2024). *Capaian Pembelajaran Pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, Dan Jenjang Pendidikan Menengah Pada Kurikulum Merdeka*. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi.
- Khoirunnisa, I. R. S., & Firmansyah, A. (2024). Konsep Pendidikan Berkelanjutan Dalam Kurikulum Pendidikan Dasar Dan Menengah: Suatu Tinjauan. *Jurnalku*, 4(2), 145–159.
- 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>
- Mahmood, Z., Yameen, M., Jahangeer, M., Riaz, M., Ghaffar, A., & Javid, I. (2018). Lignin as Natural Antioxidant Capacity. In *Lignin-trends and applications*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.73284>
- Marhadi, S. N. L., Upuolat, H., Alting, N. A., & Hasan, R. (2023). Analisis Jenis-Jenis Bahan Ajar Dalam Proses Pembelajaran. *Amanah Ilmu: Jurnal Kependidikan Islam*, 3(2), 67–74. <https://doi.org/10.29240/jba.v3i1.764>
- Mochtar, N. E., Gasim, H., Hendrawan, Indrastuti, N., Wijiasih, A., Suryana, C., Restuningsih, K., & Tartila, S. L. (2014). *Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan (Education For Sustainable Development) Di Indonesia: Implementasi dan Kisah Sukses*. Komisi Nasional Indonesia untuk UNESCO (KNIU) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan).
- Muliaman, A., Sakdiah, H., & Ginting, F. W. (2022). Analisis Employability Skill dan Literasi Sains Siswa Melalui Authentic Self-Assessment pada Kurikulum Merdeka di SMA Aceh Utara. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 11(1), 24–32. <https://doi.org/10.24252/jpf.v11i1.34010>
- Novidsa, I., Purwianingsih, W., & Riandi, R. (2020). Exploring knowledge of prospective biology teacher about Education for Sustainable Development. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 6(2), 317–326. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v6i2.12212>
- OECD. (2023). *PISA 2025 Science Framework*. PISA-OECD Publishing.
- Omenu, R. B. T., & Adinugroho, S. (2024). Dampak Penggunaan Bahan Bakar Fosil Terhadap Emisi Karbon Dengan Pajak Karbon Sebagai Pemoderasi. *Jurnal Riset Akuntansi Dan Keuangan*, 20(1), 25–40.
- Pitoyo, J., Suharto, T. E., & Jamilatun, S. (2022). Bio-oil from Oil Palm Shell Pyrolysis as Renewable Energy: A Review. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 9(2), 67. <https://doi.org/10.26555/chemica.v9i2.22355>
- Pradini, N. L., Rahmad Wijaya, B., & Jannah, A. N. (2022). Analisis Literasi Sains Dalam Upaya Implementasi Pendidikan Abad 21. *Eductum: Jurnal Literasi Pendidikan*, 1(1), 12–20. <https://doi.org/10.56480/eductum>
- Puspitasari, Y. D., & Cahyanti, T. W. (2018). Pengembangan Modul Fisika Dasar Berbasis Scientific Untuk Meningkatkan Higher Order Thinking Skill (HOTS). *Jurnal Materi Dan Pembelajaran Fisika (JMPF)*, 2(8), 65–2.

- Rahayu, F., Murianingrum, M., & Nurindah. (2019). Pemanfaatan Lignin dari Biomassa Rami, Kenaf, dan Agave Untuk Sumber Bioenergi. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 11(2), 73–85. <https://doi.org/10.21082/btsm.v11n2.2019.73-85>
- Rahmawati, D. (2011). *Pengaruh Kegiatan Industri Terhadap Kualitas Air Sungai Diwak Di Bergas Kabupaten Semarang Dan Upaya Pengendalian Pencemaran Air Sungai*. <http://www.eprints.undip.ac.id>
- Richey, R. C., & Klein, J. D. (2007). *Design and Development Research: Methods, Strategies, and Issues*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Rismayanti, T. A., Anriani, N., Sukirwan, ,, & Matematika, J. P. (2022). Pengembangan E-Modul Berbantu Modular pada Smartphone untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa SMP. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 06(01), 859–873.
- Rohmaya, N. (2022). Peningkatan Literasi Sains Siswa Melalui Pembelajaran IPA Berbasis Socioscientific Issues (SSI). *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(2), 107–117. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.553>
- Romadhon, M. S., Dianita, E., & Susilawati, S. (2024). Studi Komparatif: Hakikat Bahan Ajar Modul dan LKPD pada Mata Pelajaran IPS dan PPKN di Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmiah Madrasah*, 1(2).
- Rostikawati, D. A., & Permanasari, A. (2016). Rekonstruksi Bahan Ajar Dengan Konteks Socio-Scientific Issues Pada Materi Zat Aditif Makanan untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 156–164. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8814>
- Rusydi, S. M. (2019). *PYROTECHNOLOGY 4 IN 1: Prinsip Dasar Teknologi Pirolisa Biomassa* (R. Hasibuan, Ed.). UNIMAL Press.
- Septikasari, R., & Frasandy, R. N. (2018). Keterampilan 4c Abad 21 Dalam Pembelajaran Pendidikan Dasar. *Tarbiyah Al-Awlad: Jurnal Kependidikan Islam Tingkat Dasar*, 8(2), 107–117.
- Silaban, R., Elvia, R., & Solikhin, F. (2022). Pengembangan E-Modul Kimia Berorientasi Literasi Sains Pada Materi Keseimbangan Kimia Di Sma Negeri 3 Bengkulu Tengah. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 6(2).
- Suhartati, S., Puspito, R., Rizali, F., & Anggraini, D. (2016). Analisis Sifat Fisika dan Kimia Lignin Tandan Kosong Kelapa Sawit asal Desa Sape, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(1), 24–29. <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i1.3102>
- Susanto, J. P., Santoso, A. D., & Suwedi, N. (2017). Perhitungan Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit untuk Sumber Energi Terbarukan dengan Metode LCA Palm Solid Wastes Potential Calculation for Renewable Energy with LCA Method. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(2), 165–172.
- Sutini, Widiastuty, Y. R., & Ramadhani, N. A. (2019). Review: Hidrolisis Lignoselulosa dari Agricultural Waste Sebagai Optimasi Produksi Fermentable Sugar. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 3, 59–68. <http://equilibrium.ft.uns.ac.id>
- Syahria, N., Rahayu, E. Y., Pramujiono, A., & Pandanwangi, A. A. (2024). Pelatihan Pembuatan Media Ajar Menggunakan Canva Bagi Guru-Guru Sma/Smk Se-

- Bangkalan Madura. *Pancasona*, 3(1), 1–12.
<https://doi.org/10.36456/pancasona.v3i1.8627>
- Tristananda, P. W. (2018). Membumikan Education For Sustainable Development (ESD) Di Indonesia Dalam Menghadapi Isu-Isu Global. *Purwadita: Jurnal Agama Dan Budaya*, 2(2), 42–49.
- Wulandari, F., Yogica, R., & Darussyamsu, R. (2021). Analisis Manfaat Penggunaan E-Modul Interaktif Sebagai Media Pembelajaran Jarak Jauh Di Masa Pandemi Covid-19. *Khazanah Pendidikan: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 15(2), 139–144. <https://doi.org/10.30595/jkp.v15i2.10809>
- Yanti, R. N., Hambali, E., Pari, G., & Suryani, A. (2018). The characteristics of palm oil plantation solid biomass wastes as raw material for bio oil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 141(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/141/1/012038>
- Yuansah, S. C. (2019). The Potential for Non-Digestible Sugar Production from Cellulose and Hemicellulose using Enzymatic Hydrolysis. *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*, 2(2), 69–74. <https://doi.org/10.20956/canrea.v2i2.116>
- Yuliati, Y. (2017). Literasi Sains Dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Cakrawala Pendas*, 3(2).