

**PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS *GREEN CHEMISTRY*
PADA TOPIK NANOKOMPOSIT DARI LIMBAH ORGANIK
UNTUK MELATIH LITERASI SAINS PESERTA DIDIK**



SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana
pendidikan pada program studi pendidikan kimia

Oleh:

Siti Nurlaela

2108904

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

**PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS *GREEN CHEMISTRY*
PADA TOPIK NANOKOMPOSIT DARI LIMBAH ORGANIK
UNTUK MELATIH LITERASI SAINS PESERTA DIDIK**

Oleh:

Siti Nurlaela

2108904

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

© Siti Nurlaela 2025

Universitas Pendidikan Indonesia

Juli 2025

Hak cipta dilindungi undang-undang

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

LEMBAR PENGESAHAN

SITI NURLAELA

**PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS *GREEN CHEMISTRY* PADA
TOPIK NANOKOMPOSIT DARI LIMBAH ORGANIK UNTUK MELATIH
LITERASI SAINS PESERTA DIDIK**

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

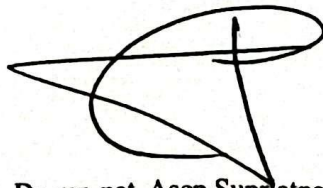
Pembimbing I



Dr. Hernani M.Si.

NIP. 196711091991012001

Pembimbing II



Dr. rer. nat. Asep Supratna, M.Si.

NIP. 196605021990031005

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Kimia



Prof. Dr. Wiji, M.Si.

NIP. 197204302001121001

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Nurlaela
NIM : 2108904
Program Studi : Pendidikan Kimia
Judul Karya : Pengembangan E-Modul Berbasis *Green Chemistry*
pada Topik Nanokomposit dari Limbah Organik untuk
Melatih Literasi Sains Peserta Didik

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil kerja saya sendiri, dengan bimbingan dari Ibu Dr. Hernani, M.Si dan Bapak Dr. rer. nat. Asep Supriatna, M.Si. 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, 08 Juli 2025

Siti Nurlaela

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **”Pengembangan E-Modul Berbasis *Green Chemistry* pada Topik Nanokomposit dari Limbah Organik untuk Melatih Literasi Sains Peserta Didik”**. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad S.A.W., beserta keluarganya, sahabatnya, dan umatnya hingga akhir zaman. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan di Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan dan perlu pendalaman lebih lanjut. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini di masa yang akan datang. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan dapat dijadikan referensi demi pengembangan yang lebih baik.

Bandung, 08 Juli 2025

Penulis,

Siti Nurlaela

NIM. 2108904

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah S.W.T., atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ”Pengembangan E-Modul Berbasis *Green Chemistry* pada Topik Nanokomposit dari Limbah Organik untuk Melatih Literasi sains Peserta Didik” dengan lancar. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis telah mendapatkan banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Hernani, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya, memberikan bimbingan, semangat, arahan, ilmu, serta perhatian dengan penuh kesabaran dan dedikasi selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. rer. nat. Asep Supriatna, M.Si., selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya, semangat, arahan, bimbingan, dan perhatian dengan penuh kesabaran dan dedikasi selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Ali Kusrijadi, M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan motivasi, semangat, arahan, dan bimbingan kepada penulis sedari awal perkuliahan.
4. Bapak Prof. Dr. Wiji, M.Si., selaku ketua program studi Pendidikan Kimia yang telah banyak memberikan informasi, bantuan administrasi, dan dukungan penuh dalam penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh dosen dan staf program studi Pendidikan Kimia yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama menempuh pendidikan.
6. Bapak Dedi Mulyawan, S.Pd., selaku Plt. Kepala Sekolah SMA Negeri 2 Bandung yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian.
7. Ibu Hanifah Ratih Pratiwi, S.Pd., selaku guru kimia di SMA Negeri 2 Bandung yang telah bersedia memberikan pengalaman dan meluangkan waktu untuk membantu penulis dalam proses pengambilan data penelitian ini.
8. Peserta didik kelas X SMA Negeri 2 Bandung selaku partisipan yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

9. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Edi dan Ibu Juju, kakak penulis yaitu Suryadi dan Sari Wulan, serta anggota keluarga lainnya atas segala do'a, dukungan, dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
10. Seluruh teman-teman Pendidikan Kimia 2021 B yang telah memberikan semangat, bantuan, dan kerjasama selama masa perkuliahan.
11. Teman-teman KBK Literasi Sains, Dewinta, Eky, Jesifa, Deliana, Vito, dan teman lainnya yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan selalu memberikan semangat kepada penulis dari awal penulisan skripsi ini hingga selesai.
12. Teman-teman seperjuangan, Mu'izzah, Dewinta, Shima, Salwa, Jesifa, dan Gina, yang senantiasa berbagi pengalaman, memberikan motivasi, serta semangat kepada penulis selama menjalani perkuliahan.
13. Farhan Aunur Rafiq, selaku sahabat terdekat yang senantiasa mendampingi penulis, yang dengan penuh kesabaran dan ketulusan telah menjadi sumber semangat, dukungan, serta motivasi dalam melewati berbagai proses, baik selama perkuliahan maupun dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas segala bentuk pengertian, dan do'a yang tulus selama perjalanan ini.

Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala bentuk bantuan, dukungan, dan kontribusi yang telah diberikan selama penulis menempuh perkuliahan hingga proses penyusunan skripsi ini. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan dibalas dengan pahala yang berlipat ganda oleh Allah SWT., serta senantiasa diberikan kelancaran dan kemudahan dalam setiap langkah kehidupan.

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menghasilkan e-modul berbasis *green chemistry* yang tervalidasi pada topik nanokomposit dari limbah organik untuk melatih literasi sains peserta didik. Tujuan khusus penelitian ini untuk mendeskripsikan desain pengembangan e-modul, mengetahui hasil validasi ahli, serta menganalisis profil literasi sains peserta didik setelah menggunakan e-modul yang dikembangkan. Penelitian ini menggunakan model *Design and Development Research* (DDR), dengan jenis penelitian pengembangan produk dan alat (*Product and Tool Research*), yang meliputi tahapan *analysis*, *design*, *development*, dan *evaluation*. Penelitian dilaksanakan di salah satu SMA Negeri di Kota Bandung dengan melibatkan satu guru kimia dan dua dosen ahli sebagai validator, serta sembilan peserta didik kelas X sebagai partisipan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memiliki karakteristik berbasis *green chemistry*, mampu melatih literasi sains, dan telah disusun sesuai dengan kerangka sistematis e-modul. Hasil validasi menunjukkan bahwa e-modul telah memenuhi kriteria kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran; ketepatan konteks dan konten; dan ketepatan ilustrasi, gambar, simbol, sketsa, dan percobaan dengan teks, meskipun terdapat beberapa saran perbaikan. Berdasarkan analisis profil literasi sains peserta didik, e-modul yang dikembangkan memiliki potensi dalam melatih literasi sains peserta didik, yang ditunjukkan melalui kecenderungan pencapaian pada aspek kompetensi sains.

Kata kunci: DDR, E-Modul, *Green Chemistry*, Literasi Sains, Nanokomposit

ABSTRACT

The purpose of this study is to produce a validated green chemistry-based e-module on the topic of nanocomposites from organic waste to train students' science literacy. The specific objectives of this study are to describe the e-module development design, determine the results of expert validation, and analyze the science literacy profile of students after using the developed e-module. This study employs the Design and Development Research (DDR) model, specifically the Product and Tool Research type, which includes the stages of analysis, design, development, and evaluation. The research was conducted at one of the state high schools in Bandung City, involving one chemistry teacher and two expert lecturers as validators, as well as nine tenth-grade students as participants. The research results indicate that the developed e-module has characteristics based on green chemistry, is capable of fostering science literacy, and has been structured in accordance with the systematic framework of an e-module. The validation results indicated that the e-module met the criteria for material alignment with learning objectives; contextual and content accuracy; and the accuracy of illustrations, images, symbols, sketches, and experiments with the text, although some suggestions for improvement were noted. Based on the analysis of students' science literacy profiles, the developed e-module has the potential to train students' science literacy, as indicated by their achievement trends in science competency aspects.

Keywords: *DDR, E-module, Green Chemistry, Nanocomposite, Scientific Literacy*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Pembatasan Masalah.....	8
1.4 Tujuan Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	9
1.6 Struktur Organisasi Skripsi.....	9
BAB II.....	11
TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 E-Modul	11
2.1.1 Karakteristik E-Modul	12
2.1.2 Tujuan dan Kegunaan E-Modul.....	13
2.1.3 Prinsip Pengembangan E-Modul	14
2.1.4 Kerangka E-Modul	14
2.1.5 Tahapan Pengembangan E-Modul	16
2.1.6 Prosedur Penyusunan E-Modul	18
2.1.7 Aplikasi Canva sebagai Media Pembuatan E-Modul	20
2.1.8 Keunggulan dan Kelemahan E-Modul	21
2.2 Literasi Sains	22
2.2.1 Konteks dalam Literasi Sains	25
2.2.2 Kompetensi Sains	26

2.2.3 Pengetahuan Sains	30
2.2.4 Identitas Sains	31
2.3 <i>Green Chemistry</i>	35
2.3.1 Pengertian <i>Green Chemistry</i>	35
2.3.2 Prinsip <i>Green Chemistry</i>	36
2.4 Nanoteknologi.....	38
2.5 Nanokomposit.....	41
2.6 Limbah Organik.....	42
BAB III	44
METODE PENELITIAN.....	44
3.1 Metode Penelitian	44
3.2 Alur Penelitian	45
3.3 Partisipan dan Tempat Penelitian.....	47
3.4 Instrumen Penelitian	48
3.5 Teknik Analisis Data	50
BAB IV.....	54
HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Desain Pengembangan E-Modul	54
4.1.1 Analisis Kebutuhan.....	54
4.1.2 Analisis Capaian Pembelajaran dan Profil Pelajar Pancasila pada Kurikulum Merdeka serta Aspek Literasi Sains pada PISA 2025 ...	57
4.1.3 Perumusan Tujuan Pembelajaran.....	60
4.1.4 Analisis Konten Kimia dan Konteks pada Topik Nanokomposit	61
4.1.5 <i>Outline</i> E-Modul	62
4.1.6 Karakterisasi E-Modul.....	63
4.1.7 Tahap Desain E-Modul	64
4.1.8 Tahap Pengembangan <i>Outline</i> E-Modul.....	67
4.2 Hasil Validasi Ahli Terhadap E-Modul	76
4.2.1 Temuan Teks Dasar	76
4.2.2 Temuan pada Soal Latihan E-Modul	79
4.3 Analisis Profil Literasi Sains dalam E-Modul	84
4.3.1 Analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 1.1	85

4.3.2 Analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 1.2	90
4.3.3 Analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 2.1	91
4.3.4 Analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 2.2	99
4.3.5 Analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 2.3	101
4.3.6 Analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 2.4	106
4.3.7 Analisis profil literasi sains pada peserta didik soal latihan 2.5	109
4.3.8 Analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 3.1	112
4.3.9 Analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 3.2	116
4.3.10 Analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 3.3	117
4.3.11 Analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 3.4	119
BAB V	125
SIMPULAN DAN SARAN.....	125
5.1 Simpulan.....	125
5.2 Saran	126
DAFTAR PUSTAKA	127
LAMPIRAN	132

DAFTAR TABEL

No. Tabel	Judul Tabel	Halaman
2. 1	Keunggulan dan kelemahan e-modul.....	22
2. 2	Konteks kerangka sains 2025.....	25
3. 1	Perumusan tujuan pembelajaran aspek sikap, pengetahuan, dan keterampilan	48
3. 2	Perumusan konten dan konteks e-modul	48
3. 3	Format perumusan teks asli.....	49
3. 4	Format perumusan teks dasar.....	49
3. 5	Lembar validasi teks dasar	49
3. 6	Lembar validasi soal tes literasi sains	50
3. 7	Format lembar validasi hasil analisis jawaban peserta didik	50
3. 8	Contoh format hasil validasi ahli pada teks dasar	51
3. 9	Contoh format hasil validasi ahli pada soal latihan	52
3. 10	Contoh format hasil analisis profil literasi sains pada soal latihan	52
3. 11	Format hasil analisis data profil literasi sains peserta didik.....	53
4. 1	Hasil Survei Pendahuluan Guru Kimia	55
4. 2	CP dan P3 Kurikulum Merdeka	58
4. 3	Aspek literasi sains PISA 2025 yang berhubungan dengan CP dan P3 Kurikulum Merdeka	58
4. 4	Contoh tujuan pembelajaran aspek sikap.....	61
4. 5	Contoh tujuan pembelajaran aspek pengetahuan	61
4. 6	Contoh hasil analisis konten dan konteks yang berhubungan dengan topik nanokomposit	62
4. 7	Contoh <i>outline</i> e-modul	62
4. 8	Contoh penggabungan teks asli konteks dan teks asli konten.....	64
4. 9	Contoh penggabungan dan penghalusan teks asli menjadi teks dasar	65
4. 10	Perbaikan teks dasar temuan pertama	78
4. 11	Perbaikan teks dasar temuan kedua.....	79
4. 12	Perbaikan soal latihan temuan pertama.....	80
4. 13	Perbaikan soal latihan temuan kedua	81
4. 14	Perbaikan soal latihan temuan ketiga.....	82
4. 15	Perbaikan soal latihan temuan keempat	83
4. 16	Perbaikan soal latihan temuan kelima.....	83
4. 17	Perbaikan soal latihan temuan keenam	84
4. 18	Hasil analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 1.1	85
4. 19	Hasil analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 1.1	87
4. 20	Hasil analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 1.2	90
4. 21	Hasil analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 2.1	92
4. 22	Hasil analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 2.1	93

No. Tabel	Judul Tabel	Halaman
4. 23	Hasil analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 2.1	95
4. 24	Hasil analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 2.2	99
4. 25	Hasil analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 2.3	102
4. 26	Hasil analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 2.3	104
4. 27	Hasil analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 2.4	106
4. 28	Hasil analisis profil literasi sains pada soal latihan 2.4.....	108
4. 29	Hasil analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 2.5	109
4. 30	Hasil analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 3.1	112
4. 31	Hasil analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 3.1	114
4. 32	Hasil analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 3.2	116
4. 33	Hasil analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 3.3	118
4. 34	Hasil analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 3.4	119
4. 35	Hasil analisis profil literasi sains peserta didik pada soal latihan 3.4	120
4. 36	Hasil analisis soal latihan peserta didik	122

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Judul Gambar	Halaman
2. 1	Website Canva.....	20
2. 2	Kompetensi Sains PISA 2025	27
2. 3	Perbandingan ukuran panjang nanomaterial dengan benda-benda yang ada di alam.....	38
2. 4	Representasi skematis berbagai jenis nanopartikel	39
3. 1	Tahapan penelitian DDR	44
3. 2	Alur Penelitian.....	47
4. 1	Tampilan halaman depan dan belakang e-modul	68
4. 2	Bagian pendahuluan dan petunjuk penggunaan e-modul.....	69
4. 3	Alur pembelajaran	70
4. 4	Tampilan sub modul 1, 2, dan 3 dalam e-modul	72
4. 5	Tampilan soal latihan 1.1	73
4. 6	Tampilan Rangkuman	73
4. 7	Tampilan refleksi diri	74
4. 8	Tampilan glosarium.....	75
4. 9	Tampilan daftar pustaka	75

DAFTAR SINGKATAN

CP	: Capaian Pembelajaran
<i>DDR</i>	: <i>Design and Development Research</i>
IPTEK	: Ilmu Pengetahuan dan Teknologi
IS	: Identitas sains
KLHK	: Kementerian Lingkungan Hidup dan kehutanan
KS	: Kompetensi sains
MA	: Madrasah Aliyah
OECD	: <i>Organization for Economic Cooperation and Development</i>
P1	: Peneliti 1
P2	: Peneliti 2
P3	: Peneliti 3
P3	: Profil Pelajar Pancasila
PD	: Peserta didik
PISA	: Programme for International Student Assessment
PS	: Pengetahuan sains
SMA	: Sekolah Menengah Atas
WEF	: <i>World Economic Forum</i>

DAFTAR LAMPIRAN

No. Lampiran	Judul Lampiran	Halaman
1.	Survei Awal Dengan Guru Kimia.....	133
2.	Format Perumusan Tujuan Pembelajaran.....	135
3.	Perumusan Konten Dan Konteks E-Modul.....	144
4.	<i>Outline</i> E-Modul	148
5.	Penggabungan Dan Penghalusan Teks Asli Konteks Dan Konten E-Modul	152
6.	Penggabungan Dan Penghalusan Teks Dasar E-Modul	179
7.	Format Instrumen Lembar Validasi Ahli.....	209
8.	Hasil Validasi Ahli.....	247
9.	Format Lembar Validasi Ahli Soal Latihan.....	251
10.	Hasil Validasi Ahli.....	272
11.	Hasil Analisis Literasi Sains Pada Soal Latihan E-Modul	279
12.	Cuplikan Hasil Produk E-Modul.....	356
13.	Surat Tugas Validator	357
14.	Surat Izin Penelitian	359
15.	Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian	360
16.	Dokumentasi Penelitian	361
17.	Riwayat Hidup Penulis.....	362

DAFTAR PUSTAKA

- Abdussalam-mohammed, W., Qasem, A., & Errayes, A. O. (2020). *Green Chemistry: Principles, Applications, and Disadvantages. Chemical Methodologies*, 4(4), 408–423. <https://doi.org/10.33945/sami/chemm.2020.4.4>
- Adnan; Mulbar, U; Sugiarti, Bhari, A. (2021). *Biology Science Literacy of Junior High School Students in South Sulawesi, Indonesia*. 1–21. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1752/1/012084>
- Ahmed, S., Ikram, S., & S, S. Y. (2016). Journal of Photochemistry & Photobiology , B : Biology Biosynthesis of gold nanoparticles : A green approach. *JPB*, 161, 141–153. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.04.034>
- Amalia, J. N., & Yulandr, A. (2022). Jurnal Riset Pendidikan Kimia Vol. 1, No. 1 (2011) Pendekatan Green Chemistry Suatu Inovasi Dalam Pembelajaran Kimia Berwawasan Lingkungan. *Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh*, 1(1), 1–58.
- Anastas PT, Warner JC. (1998). *Green chemistry: theory and practice*. Oxford Science Publications, Oxford.
- Ardiyanti, Y; Suyanto, S Suryadarma, I. (2019). The role of students science literacy in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1321/3/032085>
- Arianto, B. (2024). *Triangulasi Metoda Penelitian Kualitatif* (G. G. Kharisma Hatiebi, Irma; Ghozi, Saiful; Sorongan (ed.); Issue December). Borneo Novelty Publishing. <https://doi.org/10.70310/q81zdh33>
- Armenta, S., Garrigues, S., De la Guardia, M., & Esteve-Turrillas, F. A. (2010). *Green Analytical Chemistry, Volume 57: Theory and Practice (Comprehensive Analytical Chemistry)*. In S. Guardia, M.De La; Armenta (Ed.), *Encyclopedia of Analytical Science*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.13980-0>
- Ayu Permata Sari, & Suryelita, S. (2023). Uji Validitas E-Modul Struktur Atom-Keunggulan Nanoteknologi Sesuai Kurikulum Merdeka untuk Peserta Didik SMA/MA Fase E. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(1), 235–142. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.867>
- Bilad, M. R., Zubaidah, S., & Prayogi, S. (2024). Addressing the PISA 2022 Results: A Call for Reinvigorating Indonesia's Education System. *International Journal of Essential Competencies in Education*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/10.36312/ijece.v3i1.1935>
- Budiono. (2022). Implementasi Pendekatan Saintifik Dalam Pembelajaran Bahasa Jawa Kelas V Di SD Negeri 1 Karanganyar. *Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 9, 25–32. <https://doi.org/https://doi.org/10.30998/xxxxx>
- Cranton, P. (1989). *Planning Instruction for Adult Learners*. Toronto: Wall & Thompson.
- Daffa Faqiha Fawwaz Hanjowo, M., Athahirah, N., Febrianto Saputra, R., Al-Farisi, S., & Wijaya Abdul Rozaq, R. (2023). Peran Pendidikan Indonesia di Era Society 5.0. *ETNIK: Jurnal Ekonomi Dan Teknik*, 2(5), 423–428. <https://doi.org/10.54543/etnik.v2i5.190>

- Eviota, J. S., & Liangco, M. M. (2020). Jurnal Pendidikan MIPA. *Jurnal Pendidikan*, 14(September), 723–731.
- Fatmawati, M., & Andromeda, A. (2021). E-Modul Berbasis Contextual Teaching and Learning Pada Materi Sistem Koloid Untuk Sma/Ma. *Jurnal Pendidikan Kimia Undiksha*, 5(2), 44–53. <https://doi.org/10.23887/jjpk.v5i2.37732>
- Fauziah, N., Hakim, A., & Handayani, Y. (2019). Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik Melalui Pembelajaran Berbasis Masalah Berorientasi Green Chemistry Pada Materi Laju Reaksi. *Jurnal Pijar Mipa*, 14(2), 31–35. <https://doi.org/10.29303/jpm.v14i2.1203>
- Gawlik-Kobylnska, M., Walkowiak, W., & Maciejewski, P. (2020). Improvement of a Sustainable World through the Application of Innovative Didactic Tools in Green Chemistry Teaching: A Review'. *Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b01038>
- Herawati, N. S., & Muhtadi, A. (2020). Pengembangan Modul. *Jurnal At-Tadbir STAI Darul Kamal NW Kembang Kerang*, 4(1), 57–69. <http://ejournal.kopertais4.or.id/sasambo/index.php/atTadbir>
- Herzegovina, L., Laurensia M. Perangin Angin, Simbolon, N., Sitohang, R., & Mailani, E. (2023). Pengembangan E-Modul Berbasis Pendekatan Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa Pada Pembelajaran Tematik Kelas V Tema 9 Subtema 3 SDN 107418 Bangun Sari Baru T.A 2022/2023. *Journal of Student Developement Information System (JoSDIS)*, 3 Nomor 2, 189–198.
- Hidayah, Nurul; Rusilowati, A. M. (2019). Analisis Profil Kemampuan Literasi Sains Siswa SMP/MTs Di Kabupaten Pati. *Jurnal Phenomenon*, 09(1), 36–47.
- Istiqoma, M., Nani Prihatmi, T., & Anjarwati, R. (2023). Modul Elektronik Sebagai Media Pembelajaran Mandiri. *Prosiding SENIATI*, 7(2), 296–300. <https://doi.org/10.36040/seniati.v7i2.8016>
- Jasmani, L., Rusli, R., Khadiran, T., Jalil, R., & Adnan, S. (2020). Application of Nanotechnology in Wood - Based Products Industry : A Review. *Nanoscale Research Letters*. <https://doi.org/10.1186/s11671-020-03438-2>
- Jumini, S. (2017). Nanoteknologi Manivestasi Nanosciences. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 4(2), 199–206. <https://doi.org/10.32699/ppkm.v4i2.423>
- Kamila, Z., & Kowiyah, K. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Canva pada Materi Pecahan untuk Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(1), 72–83. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i1.1663>
- Kemendikbud. (2017a). *Panduan Praktis Penyusunan E-Modul*.
- Kemendikbud. (2017b). *Panduan Praktis Penyusunan E-Modul Tahun 2017*. Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Kumowal, Seljina; Fatimawali; Jayanto, I. (2019). Uji Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Ekstrak Lengkuas Putih (*Alpinia galanga* (L.) Willd) TERHADAP BAKTERI *Klebsiella pneumoniae*. 8(November), 781–790.
- 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>

- Magdalena, Ina; Khofifah, Amanda; Auliyah, F. (2023). Cendikia pendidikan. *Cendekia Pendidikan*, 1(1), 1–13. <https://doi.org/10.9644/scp.v1i1.332>
- Merta, I Wayan; Artayasa, I Putu; Lestari, N. S. D. (2020). Profil Literasi Sains Dan Model Pembelajaran Dapat Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains. *Pijar MIPA*, 15(3), 223–228. <https://doi.org/10.29303/jpm.v15i3.1889>
- Mijaya, N. P. A. P., Agung, A. A. I., Sudiatmika, R., & Selamat, K. (2019). Profil Literasi Sains Siswa SMP Melalui Model Pembelajaran Levels Of Inquiry. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sains Indonesia*, 2(2).
- Muhali, M. (2019). Pembelajaran Inovatif Abad Ke-21. *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: E-Saintika*, 3(2), 25. <https://doi.org/10.36312/e-saintika.v3i2.126>
- Najamuddin, F., Wahrini, R., & Arwadi, F. (2021). Pengembangan Elektronik Modul (E-Modul) Interaktif Sebagai Sumber Belajar Elektronika Dasar Program Studi Pendidikan Vokasional Mekatronika FT-UNM. *Seminar Nasional LP2M UNM*, 100–108.
- Nath, P. C., Ojha, A., Debnath, S., Sharma, M., Sridhar, K., Nayak, P. K., & Inbaraj, B. S. (2023). Biogeneration of Valuable Nanomaterials from Agro-Wastes: A Comprehensive Review. *Agronomy*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy13020561>
- Nofiana, Mufida; Julianto, T. (2018). Upaya Peningkatan Literasi Sains Siswa Melalui Pembelajaran Berbasis Keunggulan Lokal. *Jurnal Tadris Pendidikan Biolog*, 9(1), 24–35.
- Novili, W. I., Utari, S., Saepuzaman, D., & Karim, S. (2017). Penerapan Scientific Approach dalam Upaya Melatihkan Literasi Saintifik dalam Domain Kompetensi dan Domain Pengetahuan Siswa SMP pada Topik Kalor. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 8(1), 57–63. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v8i1.1338>
- Nur, Mohamad. (1987). Teori Tes. Surabaya: IKIP Surabaya.
- Nuryasana, E., & Desiningrum, N. (2020). Pengembangan Bahan Ajar Strategi Belajar Mengajar Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Mahasiswa. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(5), 967–974. <https://doi.org/10.47492/jip.v1i5.177>
- OECD. (2023a). *PISA 2022 Results: Vol. I*.
- OECD. (2023b). *Pisa 2025 Science Framework* (Issue May 2023).
- Omietimi, H. B., Afolalu, S. A., Kayode, J. F., Monye, S. I., Lawal, L., & Emetere, M. E. (2023). *An overview of nanotechnology and its application*. 01079, 1–17.
- Paat, A., Sarajar, C. L., Leke, J. R., & Sompie, F. N. (2020). Pemanfaatan Tepung Kulit Pepaya (Carica papaya L) dalam Ransum Terhadap Kualitas Internal Telur. *Zootec*, 40(2), 418. <https://doi.org/10.35792/zot.40.2.2020.28360>
- Paristiowati, M., Zulmanelis, Z., & Nurhadi, M. F. (2019). Green Chemistry-Based Experiments As the Implementation of Sustainable Development Values. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, 4(1), 11–20. <https://doi.org/10.15575/jtk.v4i1.3566>
- Perkins, M., Obrecht, C., & Adams, C. (2013). *Webiste Canva*. <https://www.canva.com/>
- Pertiwi, U. D., Atanti, R. D., & Ismawati, R. (2018). Pentingnya Literasi Sains Pada Pembelajaran Ipa Smp Abad 21. *Indonesian Journal of Natural Science*

- Education (IJNSE)*, 1(1), 24–29. <https://doi.org/10.31002/nse.v1i1.173>
- Perwitasari, T., Linuwih, S., Kimia, J. P., Semarang, U. N., Fisika, J. P., & Semarang, U. N. (2016). Peningkatan Literasi Sains Melalui Pembelajaran Energi dan Perubahannya Bermuatan Etnosains Pada Pengasapan Ikan. *Penelitian Pendidikan IPA*, 1(2), 62–70.
- Prasetyo, K. W. (2020). *Aplikasi Nanoteknologi Dalam Industri Hasil Hutan (Application Of Nanotechnology In Forest Products Industry)* Kurnia Wiji Prasetyo 1. 2.
- Pratiwi, A. (2024). *Pendidikan yang Berpihak pada Peserta Didik dan Memerdekakan Peserta Didik dalam Pendidikan Abad ke-21*. 2(3).
- Purwanto, S., & Suryandaru, S. (2021). *Nano dalam Kehidupan Sehari-hari* (I. Irawan (Ed.); Issue January). Transfer Inovasi Press.
- Putri, L. D., & Erita, Y. (2023). Pengembangan E-Modul Menggunakan Canva Pada Pembelajaran. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 3, 7175–7185.
- Qotimah, I., & Mulyadi, D. (2021). Kriteria Pengembangan E-Modul Interaktif dalam Pembelajaran Jarak Jauh. *Indonesian Journal of Learning Education and Counseling*, 4(2), 125–131.
- Ramli, M., Susanti, B. H., Yohana, M. P., Sciences, T., Islam, U., Syarif, N., Jakarta, H., & Selatan, T. (2022). *Indonesian Students' Scientific Literacy in Islamic Junior High School*. 2(1), 45–52.
- Ratnawati, E. (2023). Penerapan Pembelajaran Materi Kimia Hijau Melalui Project Based Learning (PjBL). *UNESA Journal of Chemical Education*, 12(2), 141–147. <https://doi.org/10.26740/ujced.v12n2.p141-147>
- Richey, Rita C.; Klein, J. D. (2014). Design and Development Research. In L. Akers (Ed.), *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1). Lawrence Erlbaum Associates, Inc., http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_Sistem_Pembetulan_Terpusat_Strategi_Melestari
- Rini, C. P., Dwi Hartantri, S., & Amaliyah, A. (2021). Analisis Kemampuan Literasi Sains Pada Aspek Kompetensi Mahasiswa PGSD FKIP Universitas Muhammadiyah Tangerang. *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 6(2), 166–179. <https://doi.org/10.29407/jpdn.v6i2.15320>
- Rizkianti, P. A., Asbari, M., Priambudi, N. P., & Asri, S. A. J. (2024). Pendidikan Indonesia Masih Buruk? *Journal of Information Systems and Management (JISMA)*, 3(2), 35–38.
- Rohma, A., & Sholihah, U. (2021). Pengembangan Media Audio Visual Berbasis Aplikasi Canva Materi Bangun Ruang Limas. *Jurnal Pendidikan Matematika Universitas Lampung*, 9(3), 292–306. <https://doi.org/10.23960/mtk/v9i3.pp292-306>
- Safrizal, S. (2021). Gambaran Kemampuan Literasi Sains Siswa Sekolah Dasar di Kota Padang (Studi Kasus Siswa di Sekolah Akreditasi A). *El-Ibtidaiy: Journal of Primary Education*, 4(1), 55. <https://doi.org/10.24014/ejpe.v4i1.12362>

- Sakinah, F. (2020). Peningkatan Kualitas Biopolimer (Pla) Nanokomposit Modifikasi Filler Bentonit Dan Kitosan Anti-Bakteri. *Jurnal Reaksi (Journal of Science and Technology)*, 18(01).
- Saritha, G. N. G., Anju, T., & Kumar, A. (2022). Nanotechnology - Big impact: How nanotechnology is changing the future of agriculture? *Journal of Agriculture and Food Research*, 10(November), 100457. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100457>
- Siagian, N. L., Yusbarina, Y., Utami, L., & Fatisa, Y. (2024). Pengembangan E-Modul Pengolahan Limbah Organik Secara Eco-Enzyme Pada Materi Green Chemistry Untuk Siswa Sma Kelas X. *Journal of Chemistry Education and Integration*, 3(2), 80. <https://doi.org/10.24014/jcei.v3i2.32310>
- Trisnadi, M. F. (2025). *Fast Fashion: Tren Modis dengan Harga Ekologis*. <https://djpb.kemenkeu.go.id/portal/en/847-berita/opini/4445-fast-fashion-tren-modis-dengan-harga-ekologis.html>
- Verma, A., & Mehata, M. S. (2015). ScienceDirect Controllable synthesis of silver nanoparticles using Neem leaves and their antimicrobial activity. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 9(1), 109–115. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2015.11.001>
- Widodo, E. I. (2022). *Mekanika Komposit dan Bio-Komposit* (M. Multazam, S.H., M.Kn, M.Tanzil; Darmawan Kusuma Wardana, M.Pd (Ed.)). UMSIDA Press.
- Wijaya, Etistika Yuni; Sudjimat, Dwi Agus; Nyoto, A. (2016). Transformasi Pendidikan Abad 21 Sebagai Tuntutan. *Jurnal Pendidikan*, 1, 263–278. <http://repository.unikama.ac.id/840/32/263-278> Transformasi Pendidikan Abad 21 Sebagai Tuntutan Pengembangan Sumber Daya Manusia di Era Global .pdf. diakses pada; hari/tgl; sabtu, 3 November 2018. jam; 00:26, wib.
- Winatha, K. R. (2018). Pengembangan E-modul Interaktif Berbasis Proyek Mata Pelajaran Simulasi Digital. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 15(2), 188–199. <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v15i2.14021>
- 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*, 15(2), 139. <https://doi.org/10.30595/jkp.v15i2.10809>
- Yulaika, N. F., Harti, H., & Sakti, N. C. (2020). Pengembangan Bahan Ajar Elektronik Berbasis Flip Book Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik. *JPEKA: Jurnal Pendidikan Ekonomi, Manajemen Dan Keuangan*, 4(1), 67–76. <https://doi.org/10.26740/jpeka.v4n1.p67-76>
- Yusmar, F., & Fadilah, R. E. (2023). Analisis Rendahnya Literasi Sains Peserta Didik Indonesia: Hasil Pisa Dan Faktor Penyebab. *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 13(1), 11–19. <https://doi.org/10.24929/lensa.v13i1.283>