

**PENGEMBANGAN E-MODUL FISIKA BERBASIS ETNO-
STEM PADA MATERI SANITASI LINGKUNGAN**

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat-syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd)
dalam Ilmu Pendidikan Fisika

**NABILAH NAZLA
1911090104**

Jurusan Pendidikan Fisika



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
RADEN INTAN LAMPUNG
1445 H/2023**

**PENGEMBANGAN E-MODUL FISIKA BERBASIS ETNO-
STEM PADA MATERI SANITASI LINGKUNGAN**

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat-syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd)
dalam Ilmu Pendidikan Fisika

NABILAH NAZLA

1911090104

Jurusan Pendidikan Fisika

Pembimbing I : Irwandani, M.Pd

Pembimbing II : Mukarramah Mustari, M.Pd

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
RADEN INTAN LAMPUNG
1445 H/2023**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengembangan, kelayakan, dan mengetahui kemenarikan mahasiswa terhadap e-modul fisika berbasis etno-STEM pada materi sanitasi lingkungan, dengan menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) dengan mengadopsi model ADDIE yang terdiri dari 5 tahapan yaitu: *analysis, design, development, implementation, and evaluation*. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan angket prapenelitian, kelayakan, dan kemenarikan serta dokumentasi.

Modul elektronik yang dikembangkan menghasilkan perubahan dari segi desain, rancangan yang terstruktur, dan bahan ajar pendukung dalam pembelajaran yang lebih menarik. Berdasarkan hasil penelitian pengembangan E-Modul fisika berbasis etno-STEM pada materi sanitasi lingkungan hasil penilaian dari validator ahli materi, ahli media, dan ahli instrumen memperoleh kategori “Sangat Layak”. Sedangkan berdasarkan penilaian dari responden E-modul fisika berbasis etno-STEM pada materi sanitasi lingkungan memperoleh kategori “Sangat Menarik”. Sehingga dapat disimpulkan bahwa E-Modul fisika berbasis etno-STEM pada materi sanitasi lingkungan sangat layak dan sangat menarik untuk digunakan dalam pembelajaran.

Kata kunci: etno-STEM, E-Modul, Sanitasi Lingkungan

ABSTRACT

The research of this study to determine the development, feasibility, and attractiveness to students of ethno-STEM based physics e-modules on environmental sanitation materials, using the research and development (R&D) method by adopting the ADDIE model, which consist of five stages, namely: analysis, design, development, implementation, and evaluation. Data collection techniques were carried out with pre-research questionnaires, feasibility, attractiveness and documentation.

The developed e-modul produces change in terms of design, structured design, more interesting and supporting teaching materials in more interesting learning. Based on the results the research on the developments of ethno-STEM based physics e-modules on environmental sanitation material, the results of the assessment of material experts, media experts and instrument experts obtained the category of “Very Feasible”. Meanwhile, based on the assesments of the respondent ethno-STEM based physics e-module on environmental sanitation material received the category “Very Interesting”. Therefore, the conclusion can be reached that the ethno-STEM based physics e-module on environmental sanitation material is very feasible and very interesting to use in learning.

Keywords: ethno-STEM, E-Module, Environmental Sanitation

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nabilah Nazla
NPM : 1911090104
Jurusan/Prodi : Pendidikan Fisika
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul ”**Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis Etno-STEM Pada Materi Sanitasi Lingkungan**” adalah benar-benar merupakan hasil karya penyusunan sendiri, bukan duplikasi dari karya orang lain kecuali pada bagian yang telah dirujuk dan disebut dalam *footnote* atau daftar pustaka. Apabila di lain waktu terbukti adanya penyimpangan dalam karya ini, maka tanggung jawab sepenuhnya pada penyusun. Demikian surat pernyataan saya buat agar dapat dimaklumi.

Bandar Lampung, Desember 2023



Nabilah Nazla
NPM.1911090104



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN

Alamat: Jl. Letkol H. Endro Suratmin Sukarame, Bandar Lampung 35131 Telp. (0721)703260 Fax. (0721)780422

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis Etno-STEM Pada Materi Sanitasi Lingkungan**

Nama : **Nabilah Nazla**

NPM : **1911090104**

Prodi : **Pendidikan Fisika**

Fakultas : **Tarbiyah dan Keguruan**

MENYETUJUI

Untuk Dimunaqosyahkan dan Dipertahankan Dalam Sidang Munaqosah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung

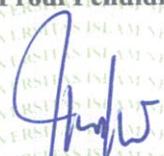
Pembimbing I

Pembimbing II


Iryandani, M.Pd.
NIP. 198710232015031005


Mukarramah Mustari, M.Pd.
NIP. 198512122015032006

Mengetahui,
Ketua Prodi Pendidikan Fisika


Sri Latifah, M.Sc.
NIP. 197903212011022003



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

Alamat: Jl. Letkol H. Endro Suratmin Sukarame, Bandar Lampung 35131 Telp. : (0721)703260 Fax. (0721)780422

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **“Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis Etno-STEM Pada Materi Sanitasi Lingkungan”** Disusun oleh: **Nabilah Nazla, NPM: 1911090104, Prodi: Pendidikan Fisika,** telah diujikan dalam sidang munaqosyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung pada Hari/Tanggal: **Selasa/12 Desember 2023 pukul 13.00-14.30 WIB.**

TIM MUNAQOSYAH

Ketua Sidang : Prof. Dr. Yuberti, M.Pd (...)

Sekretaris : Sodikin, M.Pd (...)

Penguji Utama : Ajo Dian Yusandika, S.Si., M.Sc (...)

Penguji Pendamping I : Irwandani, M.Pd (...)

Penguji Pendamping II : Mukarramah Mustari, M.Pd (...)

Mengetahui,
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan



Dr. H. Nur Diana, M.Pd
NIP. 196408281988032002

MOTTO

فَإِنْ تَوَلَّوْا فَقُلْ حَسْبِيَ اللَّهُ لَا إِلَهَ إِلَّا هُوَ عَلَيْهِ تَوَكَّلْتُ وَهُوَ رَبُّ

الْعَرْشِ الْعَظِيمِ ﴿١٢٩﴾ (التوبة/9: 129)

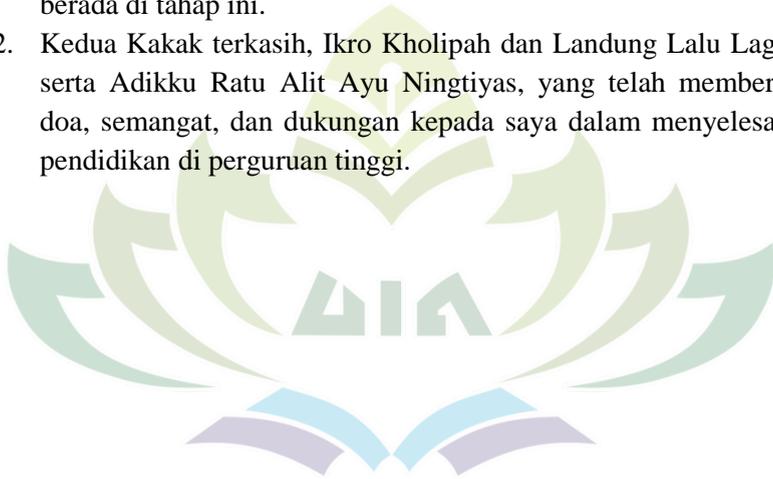
Artinya : Jika mereka berpaling (dari keimanan), maka katakanlah:
“Cukuplah Allah bagiku; tidak ada Tuhan selain Dia. Hanya kepada-
Nya aku bertawakal dan Dia adalah Tuhan yang memilik
i ‘Arsy yang agung”. [Q.S At-Taubah:129]



PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil'alam, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayahnya kepada kita sehingga tugas akhir (skripsi) ini dapat terselesaikan sebagaimana mestinya. Shalawat beserta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita, suri tauladan terbaik Nabi Muhammad SAW yang kita nantikan syafa'atnya di yaumul akhir kelak. Sebuah karya ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua saya tercinta, Bapak Angliyas dan Ibu Darmi terima kasih atas doa, motivasi, semangat, cinta, kasih sayang, serta ridhonya yang telah diberikan kepada saya sehingga saya berada di tahap ini.
2. Kedua Kakak terkasih, Ikro Kholipah dan Landung Lalu Laguna, serta Adikku Ratu Alit Ayu Ningtiyas, yang telah memberikan doa, semangat, dan dukungan kepada saya dalam menyelesaikan pendidikan di perguruan tinggi.



RIWAYAT HIDUP

Nabilah Nazla lahir di Pandeglang 23 Februari 2002. Anak ketiga dari empat bersaudara yang merupakan buah hati dari pasangan Bapak Angliyas dan Ibu Darmi. Pendidikan peneliti dimulai dari Sekolah Dasar di Sekolah Dasar Negeri 1 Bojen selesai pada tahun 2013. Kemudian melanjutkan pendidikannya ke Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Cikeusik selesai pada tahun 2016. Kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas Negeri 5 Pandeglang dan selesai pada tahun 2019 dan melanjutkan pendidikan tingkat perguruan tinggi di Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Program Studi Pendidikan Fisika.

Semenjak memulai kuliah, peneliti aktif berkegiatan di berbagai organisasi internal maupun eksternal kampus yakni Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI), Ikatan Himpunan Mahasiswa Fisika Wilayah (IHAMAFI Wilayah 1), Ikatan Himpunan Mahasiswa Fisika (IHAMAFI), dan Himpunan Mahasiswa Banten (HMB). Pada tahun 2022 peneliti melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Bojen Kecamatan Sobang Kabupaten Pandeglang-Banten. Kemudian dilanjutkan dengan Praktik Pengalaman Lapangan (PPL) di SMKS PGRI 4 Bandar Lampung. Selama berkuliah di UIN Raden Intan Lampung peneliti banyak sekali menemukan berbagai pengalaman dan pembelajaran serta hal-hal baru yang dapat meningkatkan pengetahuan.

Bandar Lampung, Desember 2023

Nabilah Nazla
1911090104

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Alhamdulillah rabbil'alam, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayahnya kepada kita sehingga tugas akhir (skripsi) ini dapat terselesaikan sebagaimana mestinya. Shalawat beserta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita, suri tauladan terbaik Nabi Muhammad SAW yang kita nantikan syafa'atnya di yaumul akhir kelak. Aamiin. Skripsi yang berjudul “Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis Etno-STEM Pada Materi Sanitasi Lingkungan” yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada program stata satu di Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Program Studi Pendidikan Fisika.

Kata terima kasih tiada henti untuk Bapak dan Ibu dalam memberikan kasih sayang, semangat, motivasi, dan pengorbanan untuk penulis selama perkuliahan hingga penulisan skripsi ini. Dengan kerendahan hati penulis menyadari bahwa pada penulisan skripsi ini banyak menemukan hambatan dan kesulitan. Namun berkat bimbingan serta motivasi dari berbagai pihak akhirnya penulisan skripsi ini dapat terselesaikan. Maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dengan tulus kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Hj. Nirva Diana, M.Pd selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung.
2. Ibu Sri Latifah M.Sc selaku Ketua Prodi Pendidikan Fisika dan Ibu Rahma Diani M.Pd selaku Sekretaris Prodi Pendidikan Fisika.
3. Bapak Irwandani M.Pd selaku Pembimbing I dan Ibu Mukarramah Mustari M.Pd selaku pembimbing II, terima kasih atas bimbingan, motivasi, dan arahan yang sangat berharga biasa serta pengorbanan waktu dan kesabaran yang sangat luar biasa selama membimbing skripsi sejak awal hingga akhir penyusunan skripsi ini.

4. Kepala Perpustakaan UIN Raden Intan Lampung dan Pengelola Perpustakaan yang telah memberikan informasi, referensi, dll dalam pembuatan skripsi.
5. Bapak dan Ibu Dosen serta Staf Tata Usaha di Lingkungan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan.
6. Bapak dan Ibu Dosen Pendidikan Fisika yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, serta motivasi untuk kami.
7. Seluruh keluarga besarku yang telah memberikan doa, dukungan dan masukkan dalam penyusunan skripsi.
8. Sahabat-sahabatku Neri Indriani, Sinta Anggraeni, Eka Yunita Rhomadona yang senantiasa memberikan semangat, motivasi, dukungan, dan mendengarkan keluh kesahku.
9. Sahabat-sahabatku dari Kesayangan Rasulullah terima kasih telah menjadi tempat belajar, berbenah, dan memperbaiki diri serta semangat, doa, dan dukungannya selama ini.
10. Sahabat-sahabat dari Sisterlillah terima kasih telah menjadi tempat menempa kasih, saling berbagi, semangat, doa, serta dukungannya selama ini.
11. Teman-teman seperjuangan dari Prodi Pendidikan Fisika Angkatan 2019 khususnya kelas C. Terima kasih atas kebersamaan dan dukungannya selama ini, semoga silaturahmi kita tetap terjaga dengan baik kedepannya.
12. Teman-teman KKN dan PPL yang selalu memberikan dukungan dan semangat.
13. Almamater tercinta UIN Raden Intan Lampung, terima kasih telah menjadi tempat singga perjalananku. Semoga segala bentuk bimbingan dan bantuannya yang telah diberikan bernilai ibadah di sisi Allah SWT.

Berbagai pengalaman serta perjuangan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini banyak pelajaran serta pengalaman yang penulis dapat berkat ridho Allah SWT dan ridho orangtua serta

bimbingan, masukan dan petunjuk dari berbagai pihak sehingga skripsi ini terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih sangat jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis mengharapkn kritik dan saran yang sifatnya membangun dari para pembaca demi penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat terutama bagi penulis dan pembaca. Atas bantuan dari berbagai pihak dalam penyusunan skripsi ini penulis mengucapkan banyak terima kasih. Semoga bernilai ibadah di sisi Allah SWT. Aamiin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Bandar Lampung, Desember 2023



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
LEMBAR PERSETUJUAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN	viii
RIWAYAT HIDUP	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Penegasan Judul	1
B. Latar Belakang Masalah.....	2
C. Identifikasi dan Batasan Masalah.....	8
D. Rumusan Masalah	8
E. Tujuan Penelitian.....	9
F. Manfaat Penelitian.....	9
G. Kajian Penelitian Terdahulu yang Relevan	10
H. Sistematika Penulisan.....	14
BAB II LANDASAN TEORI	17
A. Deskripsi Teoritik.....	17
B. Teori-teori Tentang Pengembangan Model.....	42
BAB III METODE PENELITIAN	45
A. Tempat dan Waktu Penelitian Pengembangan	45
B. Desain Penelitian Pengembangan	45
C. Prosedur Penelitian Pengembangan	48
D. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan.....	55

E. Subjek Uji Coba Penelitian	55
F. Instrumen Penelitian.....	56
G. Uji Coba Produk.....	57
H. Teknis Analisis Data	58
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	63
A. Deskripsi Hasil Penelitian Pengembangan.....	63
B. Deskripsi dan Analisis Data Hasil Uji Coba	86
C. Kajian Akhir Produk	91
BAB V PENUTUP.....	97
A. Simpulan.....	97
B. Saran.....	98
DAFTAR RUJUKAN.....	99



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Antara Modul Cetak dan Modul Elektronik	24
Tabel 2.2 Sistematika E-modul Fisika Berbasis Etno-STEM	30
Tabel 3.1 Skor Penilaian Validasi Ahli	58
Tabel 3.2 Skala Interpretasi Kriteria Kelayakan	59
Tabel 3.3 Skor Respon Kemenarikan	60
Tabel 3.4 Skala Interpretasi Kriteria Kemenarikan	61
Tabel 4.1 Hasil Validasi Ahli Materi	78
Tabel 4.2 Hasil Validasi Ahli Media	80
Tabel 4.3 Hasil Validasi Ahli Instrumen	82
Tabel 4.4 Saran Perbaikan Validasi Ahli Materi	83
Tabel 4.5 Hasil Respon Dosen Pengampu	86
Tabel 4.6 Hasil Observasi Keterlaksanaan E-Modul	87
Tabel 4.7 Hasil Uji Coba Skala Kecil	89
Tabel 4.8 Hasil Uji Coba Skala Luas	90



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Desain Penelitian ADDIE	46
Gambar 3.2 Langkah-langkah Penelitian ADDIE.....	47
Gambar 3.3 Cover E-Modul yang Sudah di Desain	52
Gambar 3.4 Pembuatan E-Modul Menggunakan Aplikasi Canva ..	53
Gambar 4.1 Halaman Masuk E-Modul	67
Gambar 4.2 Cover E-Modul Berbasis Etno-STEM.....	68
Gambar 4.3 Kegiatan dan Tujuan Pembelajaran.....	69
Gambar 4.4 Uraian Materi.....	70
Gambar 4.5 Etnosains.....	71
Gambar 4.6 Sains	72
Gambar 4.7 Teknologi.....	73
Gambar 4.8 Teknik.....	74
Gambar 4.9 Matematika	75
Gambar 4.10 Cover Akhir E-Modul Berbasis Etno-STEM	76
Gambar 4.11 Grafik Hasil Validasi Ahli Materi	79
Gambar 4.12 Grafik Hasil Validasi Ahli Media.....	81
Gambar 4.13 Grafik Hasil Validasi Ahli Instrumen.....	83
Gambar 4.14 Grafik Hasil Respon Dosen Pengampu	86
Gambar 4.15 Grafik Hasil Observasi Keterlaksanaan E-Modul	88
Gambar 4.16 Grafik Hasil Uji Coba Skala Kecil	89
Gambar 4.17 Grafik Hasil Uji Coba Skala Luas	91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kisi-kisi Wawancara Pra Penelitian	109
Lampiran 2 Angket Wawancara Pra Penelitian	110
Lampiran 3 Hasil Wawancara Pra Penelitian	113
Lampiran 4 Kisi-kisi Angket Pra Penelitian	117
Lampiran 5 Angket Pra Penelitian	118
Lampiran 6 Hasil Pra Penelitian	121
Lampiran 7 Kisi-kisi Instrumen Validasi Ahli Materi	127
Lampiran 8 Instrumen Validasi Ahli Materi	128
Lampiran 9 Kisi-kisi Instrumen Validasi Ahli Media	142
Lampiran 10 Instrumen Validasi Ahli Media	143
Lampiran 11 Kisi-kisi Instrumen Validasi Angket Kemenarikan	150
Lampiran 12 Instrumen Validasi Angket Kemenarikan	151
Lampiran 13 Kisi-kisi Observasi Keterleaksanaan	155
Lampiran 14 Observasi Keterleaksanaan	156
Lampiran 15 Kisi-kisi Angket Kemenarikan	159
Lampiran 16 Angket Kemenarikan	160
Lampiran 17 Hasil Validasi Ahli Materi	166
Lampiran 18 Hasil Validasi Ahli Media	170
Lampiran 19 Hasil Validasi Ahli Instrumen	173
Lampiran 20 Hasil Respon Dosen Pengampu	175
Lampiran 21 Hasil Observasi Keterlaksanaan	177
Lampiran 22 Hasil Uji Coba Skala Kecil	179
Lampiran 23 Hasil Uji Coba Skala Luas	182
Lampiran 24 Nota Dinas	183
Lampiran 25 Surat Pra Peneliti	185
Lampiran 26 Surat Tugas Seminar Proposal	186
Lampiran 27 Berita Acara Seminar Proposal	187
Lampiran 28 Surat Tugas Validasi	188
Lampiran 29 Berita Acara Validasi	189
Lampiran 30 Surat Penelitian	190
Lampiran 31 Surat Bebas Plagiarisme	191
Lampiran 32 Dokumentasi Penelitian	192
Lampiran 33 Hasil Revisi E-Modul berdasarkan saran para ahli materi	194
Lampiran 34 Cover Depan E-Modul	202
Lampiran 35 Cover Belakang E-Modul	203
Lampiran 36 Similarity	204

BAB I PENDAHULUAN

A. Penegasan Judul

Untuk menghindari kesalahpahaman dalam penulisan skripsi, sebagai tindakan awal untuk memahaminya, maka diperlukan pemahaman judul dengan menguraikan kata kunci terhadap judul “Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis Etno-STEM Pada Materi Sanitasi Lingkungan” secara rinci adalah sebagai berikut :

1. Pengembangan adalah proses yang dilakukan secara sistematis untuk membuat/memperbarui produk agar lebih bermanfaat dan meningkatkan mutu serta kualitas yang lebih baik.
2. E-Modul adalah bahan ajar yang dirancang untuk dipelajari secara mandiri, tersusun secara sistematis, dan biasanya e-modul menyajikan teks, gambar, video, audio, atau multimedia lainnya yang bisa diakses melalui laptop, komputer, atau *smartphone*.
3. Sanitasi Lingkungan adalah upaya untuk menjaga kebersihan lingkungan dengan melakukan kegiatan hidup bersih dan sehat.
4. Pendekatan Etno-STEM adalah pendekatan pembelajaran yang memadukan antara pemikiran etnosains dengan STEM. STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) adalah pendekatan pembelajaran yang dirancang dengan memadukan empat disiplin ilmu yang mendorong rasa ingin tahu pada mahasiswa untuk menggali pengetahuannya sendiri, serta dapat menghadapi masalah di era globalisasi. Sedangkan etnosains adalah pendekatan pembelajaran yang mengimplementasikan kearifan lokal sebagai objek pembelajaran sains.

B. Latar Belakang Masalah

Perkembangan abad ke-21 ditandai dengan adanya perkembangan teknologi, komunikasi, dan informasi. Perkembangan ini merambah keseluruhan aspek kehidupan baik dari sosial, ekonomi, dan pendidikan.¹ Perkembangan teknologi telah membawa pengaruh yang besar dalam pendidikan terutama dalam perkembangan bahan ajar.² Bahan ajar merupakan faktor yang berpengaruh terhadap tercapainya tujuan pembelajaran.³ Bahan ajar juga merupakan bagian menyeluruh dalam sistem pembelajaran.⁴ Dengan adanya bahan ajar berbasis teknologi membuat pembelajaran lebih menarik dan tidak monoton.⁵

Bahan ajar merupakan elemen esensial yang wajib ada dalam kegiatan pembelajaran. Buku masih difungsikan sebagai sumber utama yang paling efektif.⁶ Namun bahan ajar yang digunakan oleh pendidik sekarang bersifat informatif⁷ dan kontekstual. Salah satu bahan ajar yang berbasis teknologi informasi dan komunikasi adalah modul elektronik.⁸ Modul

¹ Tuan Mastura Tuan Soh, Nurazidawati Mohamad Arsada, and Kamisah Osman, "The Relationship of 21st Century Skills on Students' Attitude and Perception towards Physics," *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 7, no. 2 (2010).

² Siti Raihan, Haryono, and Farid Ahmadi, "Development of Scientific Learning E-Book Using 3D Pageflip Professional Program," *Innovative Journal Of Curriculum and Educational Technology* 7, no. 1 (2018).

³ Apri Widodo and Yusman Wiyatmo, "Pengembangan Media Pembelajaran Buku Saku Digital Berbasis Android Untuk Meningkatkan Minat Dan Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas Xi Sma N 1 Jetis Pada Materi Pokok Keseimbangan Benda Tegar Pocket Book Learning Media Development Based on Digital An," *Jurnal Pendidikan Fisika* 6 (2017).

⁴ Mukarramah Mustari and Yunita Sari, "Pengembangan Media Gambar Berupa Buku Saku Fisika SMP Pokok Bahasan Suhu Dan Kalor," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni* 6, no. 1 (April 29, 2017).

⁵ Elfa Sari Handayani et al., "Development of STEM-Integrated Physics e-Module to Train Critical Thinking Skills: The Perspective of Preservice Teachers," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1796, no. 1 (2021).

⁶ B. A. Firdausy and Z. K. Prasetyo, "Improving Scientific Literacy through an Interactive E-Book: A Literature Review," *Journal of Physics: Conference Series* 1440, no. 1 (2020).

⁷ Irwandani et al., "Modul Digital Interaktif Berbasis Articulate Studio'13: Pengembangan Pada Materi Gerak Melingkar Kelas X," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni* 6, no. 2 (2017).

⁸ Handayani et al., "Development of STEM-Integrated Physics e-Module to Train Critical Thinking Skills: The Perspective of Preservice Teachers."

elektronik merupakan salah satu dari perkembangan teknologi yang pada saat ini dan sudah banyak dikembangkan oleh para peneliti sebelumnya⁹ karena penggunaannya yang lebih praktis dan bisa diakses dimana saja, modul elektronik lebih banyak diminati serta lebih efektif jika diterapkan dalam pembelajaran. Dalam perkembangannya, modul elektronik dapat integrasikan dengan komputer atau lainnya.¹⁰ Modul elektronik didesain dengan fitur multimedia seperti audio, video, gambar, *slideshow*.¹¹

Pada penelitian sebelumnya juga telah dikembangkan modul elektronik berbasis etno-STEM,¹² modul elektronik sebagai media belajar pada tumbuhan dan fungsinya,¹³ modul elektronik pada materi geometri,¹⁴ pengembangan modul elektronik yang lain meliputi, modul elektronik yang terintegrasi kearifan lokal,¹⁵ modul elektronik berbasis CASE,¹⁶ Modul elektronik berbasis

⁹ H. Komikesari et al., "Development of E-Module Using Flip Pdf Professional on Temperature and Heat Material," *Journal of Physics: Conference Series* 1572, no. 1 (2020).

¹⁰ Rahma Diani et al., "Islamic Literacy-Based Physics E-Module with STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Approach," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1796, no. 1 (2021).

¹¹ Roza Linda et al., "Interactive E-Module of Integrated Science with Connected Type as Learning Supplement on Energy Topic," *Journal of Physics: Conference Series* 2049, no. 1 (2021).

¹² R Inayah, P Aswirna, and A Asrar, "Pengembangan E-Modul Berbasis Etno-Stem Berbantuan Canva Terintegrasi Gordang Sambilan Terhadap Keterampilan Komunikasi Peserta Didik," *Journal Cerdas Mahasiswa*, 2022.

¹³ A R Hakim et al., "Plants and Their Functions' e-Module Based on Flip Book," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1098, no. 3 (2021).

¹⁴ D Triwahyuningtyas and I K Suastika, "Electronic Module of Geometry Based on Inquiry," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1098, no. 3 (2021).

¹⁵ Y. S. Dkk. Erlangga, "Pengembangan E-Modul Fisika Materi Gelombang Dan Bunyi Berbasis Local Wisdom Alat Musik Gamelan Pada Mata Kuliah Fisika Dasar," *Jurnal Pendidikan Fisika* 9, no. 1 (2022).

¹⁶ Zainal Abidin and Sikky El Walida, "Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis Case (Creative , Active ,Systematic, Effective) Sebagai Alternatif Media Pembelajaran Geometri Transpormasi Untuk Mendukung Kemandirian Belajar Dan Kompetensi Mahasiswa," *Seminar Nasional Matematika Dan Aplikasinya Di Universitas Airlangga Surabaya*, 2017.

literasi Islami,¹⁷ modul elektronik berbantuan aplikasi Kodular,¹⁸ modul elektronik dengan pendekatan *Problem Based Learning*,¹⁹ dan modul elektronik dalam pembelajaran *online*.²⁰ Modul elektronik dengan pendekatan berpikir kritis.²¹ Modul elektronik untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik.²² Dan modul elektronik berbasis etnosains.²³

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan pendekatan pembelajaran yang dilakukan menerapkan pendekatan pembelajaran *discovery learning*,²⁴ sehingga pendekatan etno-STEM yang akan dilakukan merupakan pendekatan baru. Pendekatan STEM (*science, technology, engineering, and mathematics*) bersifat holistik dari empat bidang disiplin ilmu yang memberikan potensi untuk menghasilkan kualitas

¹⁷ Diani et al., “Islamic Literacy-Based Physics E-Module with STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Approach.”

¹⁸ Muhammad Ridho Syarlisjisman, Sukarmin, and Daru Wahyuningsih, “The Development of E-Modules Using Kodular Software with Problem-Based Learning Models in Momentum and Impulse Material,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1796, no. 1 (2021).

¹⁹ Rika Dwi Kurniati, Doni Andra, and I. Wayan Distrik, “E-Module Development Based on PBL Integrated STEM Assisted by Social Media to Improve Critical Thinking Skill: A Preliminary Study,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1796, no. 1 (2021).

²⁰ Irma Rahmawati, Nada Nisrina, and M Rezalul Abdani, “Multi-Representation-Based Interactive Physics Electronic Module as Teaching Materials in Online Learning,” *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni* 11, no. 1 (2022).

²¹ A. Haryanto, Sunaryo, and C. E. Rustana, “Development of E-Module with a Scientific Approach to Improve the Student’s Critical Thinking Skills at Class XI Student High School in Optical Tools Material,” *Journal of Physics: Conference Series* 2019, no. 1 (2021).

²² Nadhiifa Eka Asmarani, Mohammad Arief, and Madziatul Churiyah, “Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik Dengan Menggunakan E-Modul Berbasis 3D Pageflip Professional Dengan Model Discovery Learning (A Useful Learning E-Modul Based 3D Pageflip Professional with Use Discovery Learning Model),” *Jurnal Ekonomi, Bisnis Dan Pendidikan* 1, no. 1 (2021).

²³ Rudi Kurniawan and Syafriani, “The Validity of E-Module Based on Guided Inquiry Integrated Ethnoscience in High School Physics Learning to Improve Students’ Critical Thinking,” *Journal of Physics: Conference Series* 1876, no. 1 (2021).

²⁴ Febrianto Putra et al., “5E-Learning Cycle Strategy: Increasing Conceptual Understanding and Learning Motivation,” *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni* 7, no. 2 (2018).

pembelajaran yang lebih baik.²⁵ Pembelajaran berbasis Etno-STEM bukan hanya berbicara tentang ilmu pengetahuan alam saja, namun juga mengkorelasikan dengan kehidupan nyata.²⁶ Di Indonesia pendekatan Etno-STEM merupakan pendekatan yang baru dan sejak 2019 banyak institusi yang mulai mengembangkan pendekatan ini.²⁷ Untuk mendukung pembelajaran Etno-STEM diperlukan komponen bahan ajar seperti modul elektronik²⁸ dan pendekatan ini terfokus pada *students centered*.²⁹

Sanitasi adalah upaya manusia untuk mencegah penyakit demi mewujudkan kesehatan lingkungan. Upaya kesehatan lingkungan ditunjukkan guna meningkatkan kualitas lingkungan yang sehat, baik secara fisik, kimia, biologi maupun sosial.³⁰ Sedangkan lingkungan adalah sesuatu yang berada disekitar manusia.³¹ Sanitasi juga sangat berperan penting dalam pengembangan kreativitas individu dan adanya kesadaran masyarakat tentang pengetahuan sanitasi. Sehingga dapat disimpulkan sanitasi lingkungan adalah upaya untuk menjaga kesehatan lingkungan dengan menerapkan perilaku hidup bersih

²⁵ Syarifa Wahidah Al Idrus, "Implementasi STEM Terintegrasi Etnosains (Etno-STEM) Di Indonesia: Tinjauan Meta Analisis," *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan* 7, no. 4 (2022).

²⁶ Dini Fitriani, Ida Kaniawati, and Irma Rahma Suwarma, "Pengaruh Pembelajaran Berbasis Stem (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Pada Konsep Tekanan Hidrostatik Terhadap Causal Reasoning Siswa Smp" VI (2017).

²⁷ Parmin et al., "Indonesian Science Teachers' Views on Attitude, Knowledge, and Application of STEM," *Journal for the Education of Gifted Young Scientists* 8, no. 1 (2020).

²⁸ Widayanti, A. Abdurrahman, and A. Suyatna, "Future Physics Learning Materials Based on STEM Education: Analysis of Teachers and Students Perceptions," *Journal of Physics: Conference Series* 1155, no. 1 (2019).

²⁹ Joseph Krajcik and Ibrahim Delen, "How to Support Learners in Developing Usable and Lasting Knowledge of STEM," *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology* 5, no. 1 (2016).

³⁰ Dewi Firdanis et al., "Observasi Sarana Terminal Brawijaya Banyuwangi Melalui Assessment Indikator Sanitasi Lingkungan Tahun 2019," *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan* 14, no. 2 (2021).

³¹ Intania Ihsani and Meilanny Budiarti Santoso, "Edukasi Sanitasi Lingkungan Dengan Menerapkan Perilaku Hidup Bersih Dan Sehat (Phbs) Pada Kelompok Usia Prasekolah Di Taman Asuh Anak Muslim Ar-Ridho Tasikmalaya," *Prosiding Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat* 6, no. 3 (2020).

dan sehat, atau upaya untuk menciptakan keadaan yang lebih baik dalam bidang masyarakat.

Sanitasi lingkungan merupakan salah satu upaya kita untuk menjaga kebersihan lingkungan agar ekosistemnya seimbang. Hal ini sesuai dengan firman Allah SWT dalam surah Ar-Rum ayat 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ
الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾ (الرُّوم/30: 41)

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar). [Q.S Ar-Rum : 41]³²

Berdasarkan ayat Al-Qur’an diatas menjelaskan bahwa segala sesuatu yang terjadi di muka bumi ini tidak lain tidak bukan adalah akibat perbuatan yang pernah kita lakukan dan akan langsung Allah SWT peringatkan dengan banjir, kekeringan, kekurangan pangan atau kebakaran hutan dan lain sebagainya. Diantara kerusakannya seperti tercemarnya air laut, rusaknya ekosistem di darat maupun di laut. Hal tersebut terjadi karena pembuangan limbah industri tanpa ada pengolahan limbah dengan baik, penebangan hutan tanpa reboisasi dan membuang sampah sembarangan. Dengan adanya sanitasi lingkungan yang sudah ada harapannya kita dapat memanfaatkan, mengelola dengan baik, dan juga menjaga agar lingkungan yang kita ciptakan bersih dan sehat. UIN Raden Intan Lampung merupakan salah satu Universitas Islam yang mengembangkan sistem *go green campus*. Hal tersebut selaras dengan yang akan peneliti teliti tentang sanitas lingkungan berbasis etno-STEM.

Dari wawancara yang telah dilakukan dengan dosen Pendidikan Fisika yang mengampu mata kuliah pendidikan lingkungan dapat disimpulkan bahwa dalam pembelajaran

³² Departemen Agama RI, *Al-Qur’an dan Terjemah*; (Bandung CV, Diponegoro, 2006)

pendidikan lingkungan yang telah dilakukan, modul elektronik sudah pernah diterapkan dalam pembelajaran dan itu cukup efektif untuk diterapkan. Pembelajaran yang dilakukan sudah berbasis STEM. Namun untuk pembelajaran berbasis etno-STEM dengan materi sanitasi lingkungan belum pernah diterapkan. Untuk sistem sanitasi yang sudah diterapkan seperti pembuatan embung, briket, dan biopori. Namun dalam pemanfaatannya masih belum maksimal. Hal tersebut relevan dengan hasil observasi yang dilakukan pada mahasiswa Prodi Pendidikan Fisika UIN Raden Intan Lampung yang telah mengambil mata kuliah pendidikan lingkungan dapat disimpulkan pembelajaran yang telah berlangsung selama ini kurang menarik dan menyenangkan, karena media pembelajaran yang digunakan kurang menarik, namun cukup dimengerti. Referensi pembelajaran pendidikan lingkungan yang dilakukan sudah mengaitkan dengan materi sanitasi lingkungan pada sebagian materi. Serta banyak juga dari mahasiswa yang kurang mengetahui tentang sistem sanitasi lingkungan yang ada di UIN Raden Intan Lampung.³³

Mata kuliah fisika, khususnya mata kuliah pendidikan lingkungan yang terdapat di Prodi Pendidikan Fisika dapat dijadikan alternatif pada pengaplikasian sanitasi lingkungan yang ada di UIN Raden Intan Lampung. Pendidikan lingkungan merupakan pembelajaran yang mengaitkan lingkungan sebagai objek dasar. Pendidikan lingkungan mengkaji berbagai fenomena alam berdasarkan kerangka ilmu sebagai respon terhadap kerusakan lingkungan saat ini.

Dalam penelitian pengembangan ini akan dikembangkan e-modul fisika berbasis etno-STEM. Peneliti memilih materi pada mata kuliah Pendidikan Lingkungan yaitu sanitasi lingkungan. Pada dasarnya materi tersebut terdapat pada mata kuliah pendidikan lingkungan. Pentingnya e-modul berbasis etno-STEM untuk meningkatkan pengetahuan serta kepedulian kita sebagai mahasiswa terhadap kearifan lokal lingkungan.

³³ Observasi Pra Penelitian di Prodi Pendidikan Fisika, Maret 07, 2023.

Modul elektronik akan diterapkan pada mahasiswa angkatan 2021/2022 Prodi Pendidikan Fisika UIN Raden Intan Lampung. Hal tersebut dikarenakan materi yang dituangkan dalam modul elektronik adalah materi pendidikan lingkungan. Sehingga penggunaan e-modul berbasis etno-STEM pada materi sistem sanitasi lingkungan dapat diterapkan dalam e-modul yang akan digunakan dalam penelitian.

Berdasarkan masalah yang diuraikan, maka peneliti akan melakukan penelitian dan pengembangan dengan judul **"Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis Etno-STEM Pada Materi Sanitasi Lingkungan"**.

C. Identifikasi dan Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut:

1. Belum diterapkannya bahan ajar berupa e-modul berbasis etno-STEM kepada mahasiswa.
2. Dengan adanya perkembangan teknologi yang semakin pesat sehingga mahasiswa membutuhkan bahan yang lebih praktis.
3. Mahasiswa belum sepenuhnya mengetahui materi pendidikan lingkungan yang berkaitan dengan sistem sanitasi lingkungan.

Batasan masalah yang dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan ajar yang dikembangkan berbasis Etno-STEM, berupa E-Modul fisika pada materi sanitasi lingkungan.
2. E-Modul dikembangkan untuk mengetahui materi pendidikan lingkungan yang berkaitan dengan sanitasi lingkungan.
3. Subjek penelitian adalah mahasiswa fisika angkatan 2021/2022.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian tersebut, maka diperlukan pengembangan E-Modul Fisika Berbasis Etno-STEM Pada Materi Sanitasi Lingkungan, sehingga rumusan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengembangan e-modul fisika berbasis etno-STEM pada materi sanitasi lingkungan?
2. Bagaimana kelayakan e-modul fisika berbasis etno-STEM pada materi sanitasi lingkungan?
3. Bagaimana kemenarikan e-modul fisika berbasis etno-STEM pada materi sanitasi lingkungan?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian pengembangan adalah:

1. Untuk mengetahui pengembangan e-modul fisika berbasis etno-STEM pada materi sanitasi lingkungan.
2. Untuk menguraikan kelayakan e-modul fisika berbasis etno-STEM pada materi sanitasi lingkungan.
3. Untuk mengetahui kemenarikan e-modul fisika berbasis etno-STEM pada materi sanitasi lingkungan.

F. Manfaat Penelitian

Dengan diadakannya penelitian ini, diharapkan mampu memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

- a. Meningkatkan ilmu pengetahuan dengan adanya pengembangan e-modul.
- b. Sebagai sumber informasi bagi peneliti berikutnya.
- c. Ikut berkontribusi dalam pendidikan, terutama dalam pengembangan bahan ajar.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi peneliti, pengembangan e-modul ini harapannya dapat menambah pengetahuan dan pengalaman baru untuk mengembangkan e-modul.
- b. Bagi mahasiswa, tersedianya e-modul dapat dipergunakan sebagai mana mestinya untuk menunjang belajar.
- c. Bagi pendidik, e-modul dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif dalam media pembelajaran.

- d. Bagi perguruan tinggi, semoga penelitian ini menjadi bahan evaluasi dan masukan untuk meningkatkan keefektifan dalam kegiatan pembelajaran.

G. Kajian Penelitian Terdahulu yang Relevan

Hasil penelusuran yang dilakukan oleh peneliti terhadap kajian yang telah ada sebelumnya, penelitian tentang e-modul ini bukan sekali dilakukan. Namun, telah ada beberapa penelitian yang hampir sama. Akan tetapi pada penelitian yang dilakukan terdapat perbedaan berupa pembaruan pada penelitian sebelumnya. Berikut beberapa penelitian yang relevan yang banyak dipublikasikan melalui jurnal-jurnal nasional dan internasional sebagai berikut:

Pada penelitian Riski Inayah dkk, dalam jurnalnya penelitian yang dilakukan berupa pengembangan modul elektronik berbasis etno-STEM dengan menggunakan aplikasi Canva terintegrasi alat musik Gordang Sambilan ini sangat efektif terhadap keterampilan komunikasi peserta didik.³⁴ Happy Komikesari et al.³⁵, Nurwahyu Rindaryanti,³⁶ dan Mutia Nanda Sari³⁷ dalam jurnalnya penelitian yang dikembangkan berupa modul elektronik menggunakan aplikasi flip PDF professional pada materi suhu dan kalor, rangkaian elektronika, dan fluida dengan menggunakan metode pengembangan Borg and Gall. Sirwan et al.³⁸ dalam jurnalnya penelitian yang dikembangkan berupa modul elektronik menggunakan media pembelajaran seluler yang efektif diterapkan

³⁴ Inayah, Aswirna, and Asrar, "Pengembangan E-Modul Berbasis Etno-Stem Berbantuan Canva Terintegrasi Gordang Sambilan Terhadap Keterampilan Komunikasi Peserta Didik"

³⁵ Komikesari et al., "Development of E-Module Using Flip Pdf Professional on Temperature and Heat Material."

³⁶ Nurwahyu Rindaryati, "E-Modul Counter Berbasis Flip Pdf Pada Mata Pelajaran Penerapan Rangkaian Elektronika," *Jurnal Imiah Pendidikan Dan Pembelajaran* 5, no. 2 (2021).

³⁷ Mutia Nanda Sari, Muhammad Daud, and Faradhillah Faradhillah, "Pengembangan E-Modul Fluida Untuk Pemahaman Konsep Siswa Menggunakan Aplikasi Flip Pdf Professional," *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika* 8, no. 1 (2022).

³⁸ Sirwan, Kamal, and Nurkhamid, "Developing E-Module Based on Mobile Learning as a Preparation Media," *Journal of Physics: Conference Series* 1833, no. 1 (2021).

pada siswa. Retno Widiyanto et al.³⁹ dalam jurnalnya penelitian yang dikembangkan berupa modul elektronik menggunakan pendekatan PjBL yang terintegrasi STEM ini efektif terhadap kemampuan pemecahan masalah pada peserta didik. A. R Hakim et al.⁴⁰ dalam jurnalnya penelitian yang dikembangkan berupa modul elektronik menggunakan flip book pada materi tumbuhan dan fungsinya, dikembangkan menggunakan model pengembangan ADDIE. Elfasari Handayani et al.⁴¹ Rahma Diani et al.⁴² Retno Widiyanto et al.⁴³ Rika Dwi Kurniati et al.⁴⁴ dalam jurnalnya penelitian yang dikembangkan berupa modul elektronik berbasis STEM yang efektif terhadap kemampuan berpikir kritis.

Nurhasanah et al. dalam jurnalnya penelitian yang dilakukan berupa penelitian studi literatur sistematis yang mengidentifikasi tren penelitian etno-STEM dalam pembelajaran IPA pada setiap tingkat pendidikan. Berdasarkan data yang diperoleh tren penelitian etno-STEM didominasi oleh penelitian pengembangan dengan topik penelitian lebih banyak terkait bahan ajar berbasis etno-STEM dalam IPA.⁴⁵ Sudarmin et al. Dalam jurnalnya penelitian yang dilakan berupa penelitian deskriptif kualitatif untuk mengukur karakter inovatif dan kreatif mahasiswa kimia dalam pembuatan motif batik dengan menerapkan pembelajaran

³⁹ Retno Widiyanto, Kartini Herlina, and Doni Andra, "The Need Analysis of Using Physic E-Module Based PjBL- Integrated STEM: The Preliminary Study Research as a Solution to Improve Problem-Solving Skills on Light Refraction Material," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1796, no. 1 (2021).

⁴⁰ Hakim et al., "'Plants and Their Functions' e-Module Based on Flip Book."

⁴¹ Handayani et al., "Development of STEM-Integrated Physics e-Module to Train Critical Thinking Skills: The Perspective of Preservice Teachers."

⁴² Diani et al., "Islamic Literacy-Based Physics E-Module with STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Approach."

⁴³ Widiyanto, Herlina, and Andra, "The Need Analysis of Using Physic E-Module Based PjBL- Integrated STEM: The Preliminary Study Research as a Solution to Improve Problem-Solving Skills on Light Refraction Material."

⁴⁴ Kurniati, Andra, and Wayan Distrik, "E-Module Development Based on PBL Integrated STEM Assisted by Social Media to Improve Critical Thinking Skill: A Preliminary Study."

⁴⁵ N Nurhasnah et al., "Ethno-STEM In Science Learning In Indonesia: A Systematic Literature Review," *Jurnal Teknologi Pendidikan* 10, no. 2 (2022).

etno-STEM.⁴⁶ Herianto dan I Wilujeng dalam jurnalnya penelitian yang dilakukan menggunakan metode survey dalam mengembangkan buku elektronik multimedia berbasis potensi lokal gamelan untuk mengetahui kebutuhan siswa dan guru serta meningkatkan rasa ingin tahu siswa.⁴⁷

Yuberti dkk, dalam jurnalnya penelitian yang dilakukan untuk mendeskripsikan kelayakan buku elektronik interaktif berbasis STEM yang dikembangkan untuk meningkatkan literasi sains mahasiswa menghadapi kebijakan belajar mandiri di kampus mandiri.⁴⁸ Syarifa Wahidah Al Idrus dalam jurnalnya penelitian yang dilakukan untuk mengkaji artikel yang mengintegrasikan etno-STEM dalam pembelajaran dengan menggunakan metode studi-analisis pada jurnal nasional dan internasional. Dan pengintegrasian etno-STEM banyak dilakukan dengan metode R&D.⁴⁹ Novita Rahma Sari dkk, dalam jurnalnya penelitian yang dikembangkan berupa modul elektronik berbasis etno-STEM pada materi volume benda putar integral untuk menunjang pembelajaran matematika.⁵⁰ Septa Budi Sartika dkk, dalam jurnalnya melakukan penelitian efektivitas pembelajaran IPA berbasis etno-STEM untuk melatih keterampilan berpikir analisis, penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif jenis eksperimen.⁵¹

⁴⁶ Sudarmin et al., "Students' Innovative and Creative Thinking Skill Profile in Designing Chemical Batik after Experiencing Ethnoscience Integrated Science Technology Engineering Mathematic Integrated Ethnoscience (Ethno-Stem) Learnings," *Journal of Physics: Conference Series* 1567, no. 2 (2020).

⁴⁷ Herianto and I. Wilujeng, "Students and Teachers' Necessity toward Science Interactive Multimedia e-Books Based on Local Potential of Gamelan to Increase Students' Curiosity," *Journal of Physics: Conference Series* 1440, no. 1 (2020).

⁴⁸ Yuberti Yuberti, Happy Komikesari, and Maesaroh Lubis, "Developing STEM-Based Interactive E-Books to Improve Students' Science Literacy," *Tadris: Jurnal Keguruan Dan Ilmu Tarbiyah* 7, no. 1 (2022).

⁴⁹ Idrus, "Implementasi STEM Terintegrasi Etnosains (Etno-STEM) Di Indonesia: Tinjauan Meta Analisis."

⁵⁰ Linda Novitasari et al., "Fisika, Etnosains, Dan Kearifan Lokal Dalam Pembelajaran Sains," *Seminar Nasional Pendidikan Fisika III 2017*, 2017.

⁵¹ Septi Budi Sartika, Nur Efendi, and Fitria Eka Wulandari, "Efektivitas Pembelajaran IPA Berbasis Etno-STEM Dalam Melatihkan Keterampilan Berpikir Analisis," *Jurnal Dimensi Pendidikan Dan Pembelajaran* 10, no. 1 (2022).

Ima Kusumanti dkk. Dalam jurnalnya melakukan penelitian tentang peningkatan implementasi sanitasi lingkungan melalui pelatihan bagi siswa sekolah dasar di Bogor tujuannya untuk mensosialisasikan pentingnya sanitasi lingkungan di sekolah, sehingga menumbuhkan kesadaran mengenai pentingnya kesehatan lingkungan.⁵² A Rosidi dkk,⁵³ M. Fadhila dkk,⁵⁴ L. Setyowatiningsih dkk,⁵⁵ Z. Zairinayati dkk,⁵⁶ N. Kusumawardani,⁵⁷ A. putra dkk,⁵⁸ N. Dewi⁵⁹ dalam jurnalnya, penelitian yang dilakukan mengenai hubungan sanitasi lingkungan dengan hygiene baik terhadap stunting pada balita, kejadian diare, kejadian infeksi soil, kualitas bakteriologis. Tujuannya untuk mempelajari kondisi sarana sanitasi, dan mendorong masyarakat untuk hidup bersih dan sehat. serta memberikan edukasi mengenai sanitasi lingkungan kepada masyarakat. Sehingga pemberian pendidikan kesehatan harus tepat dan terpadu agar dapat bermanfaat dan diterapkan oleh masyarakat.

⁵² Ima Kusumanti et al., “Peningkatan Implementasi Sanitasi Lingkungan Melalui Pelatihan Bagi Siswa Sekolah Dasar Di Bogor,” *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat* 7, no. 1 (2021).

⁵³ A Rosidi. dkk, “Hubungan Kebiasaan Cuci Tangan Dan Sanitasi Makanan Dengan Kejadian Diare Pada Anak SD Negeri Podo 2 Kecamatan Kedungwuni Kabupaten Pekalongan,” *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 2020.

⁵⁴ M F Fadhila, dan N E Wahyuningsih “Hubungan Higiene Sanitasi Dengan Kualitas Bakteriologis Pada Alat Makan Pedagang Di Wilayah Sekitar Kampus Undip Tembalang,” *Jurnal Kesehatan*, 2017.

⁵⁵ L Setyowatiningsih and S Surati, “Hubungan Higiene Sanitasi Dengan Kejadian Infeksi Soil Transmitted Helminths Pada Pemulung Di TPS Jatibarang,” *Jurnal Riset Kesehatan*, 2017.

⁵⁶ Z Zairinayati and R Purnama, “Hubungan Hygiene Dan Sanitasi Lingkungan Dengan Kejadian Stunting Pada Balita,” *Babul Ilmi Jurnal Ilmiah Multi Science Kesehatan*, 2019.

⁵⁷ N A Kusumawardani, *Hubungan Sanitasi Lingkungan Dengan Kejadian Infeksi Soil Transmitted Helminths (STH) Pada Anak Sekolah Dasar Di Kabupaten Jember* (repository.unej.ac.id, 2018).

⁵⁸ A D P Putra, M Rahardjo, and T Joko, “Hubungan Sanitasi Dasar Dan Personal Hygiene Dengan Kejadian Diare Pada Balita Di Wilayah Kerja Puskesmas Tasikmadu Kabupaten Karanganyar,” *Jurnal Kesehatan*, 2017.

⁵⁹ N Dewi and D Laksmi, “Hubungan Perilaku Higienitas Diri Dan Sanitasi Sekolah Dengan Infeksi Soil-Transmitted Helminths Pada Siswa Kelas III-VI Sekolah Dasar Negeri No. 5 Delod,” *E-Jurnal Medika* (ojs.unud.ac.id, 2017).

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu yang relevan dapat kita simpulkan: Pengembangan modul elektronik telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya dengan menggunakan berbagai macam model pengembangan. Modul elektronik yang biasa dikembangkan mengaitkan dengan materi fisika dasar. Namun yang mengaitkan dengan materi pendidikan lingkungan belum ada. Apalagi dengan materi sistem sanitasi lingkungan. Kemudian pembelajaran berbasis etno-STEM pun sudah banyak diteliti. Topik Sanitasi lingkungan dalam penelitian tentu sudah banyak dikembangkan, namun yang mengaitkan sanitasi lingkungan dengan pembelajaran terutama yang berbasis etno-STEM belum ada. Jadi yang membedakan antara penelitian sebelumnya dengan yang akan peneliti lakukan adalah modul elektronik fisika yang dikembangkan dengan materi sanitasi lingkungan berbasis etno-STEM.

H. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan bertujuan untuk mempermudah dalam menginterpretasikan susunan penataan penelitian. Peneliti menjabarkan sistematika penulisan terdiri dari lima bab yang masing-masing sebagai berikut.

1. BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab pertama menguraikan hal yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian pengembangan ini terkait dengan E-Modul berbasis Etno-STEM pada materi sanitasi lingkungan.

2. BAB II : LANDASAN TEORI

Pada bab kedua menguraikan tentang teori-teori yang mendasari pembahasan secara terperinci yang memuat tentang deskripsi teoritik yakni mengenai bahan ajar, e-modul, etno-STEM, sanitasi lingkungan, dan materi-materi serta teori-teori tentang pengembangan model.

3. BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ketiga menguraikan tentang metode yang digunakan pada penelitian pengembangan ini. Kemudian peneliti memaparkan tahapan dalam penelitian

pengembangan produk dan teknik analisis data yang digunakan.

4. **BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Pada bab keempat menguraikan terkait dengan deskripsi hasil penelitian pengembangan produk dan pembahasan.

5. **BAB V : PENUTUP**

Pada bab kelima berisikan kesimpulan terhadap seluruh pembahasan pada bab-bab sebelumnya.





BAB II

LANDASAN TEORI

A. Deskripsi Teoritik

1. Bahan Ajar

a. Pengertian Bahan Ajar

Bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang disusun secara sistematis sehingga terciptanya lingkungan yang yang kondusif untuk belajar.⁶⁰ Bahan ajar merupakan seperangkat sarana, metode, batasan, evaluasi yang didesain secara terperinci untuk mencapai tujuan pembelajaran. Menurut Majid, bahan ajar merupakan segala bentuk bahan yang digunakan untuk kegiatan belajar mengajar. Menurut Departemen Pendidikan Nasional, bahan ajar adalah bahan yang harus dipelajari oleh peserta didik sebagai sarana belajar. Jadi dapat kita tarik kesimpulan, bahan ajar adalah segala bentuk perangkat pembelajaran yang digunakan untuk kegiatan belajar mengajar.

b. Fungsi Bahan Ajar

1) Fungsi Bahan Ajar Bagi Pendidik

- a) Mengubah peran pendidik dari seorang pengajar ke fasilitator.
- b) Meningkatkan proses pembelajaran menjadi lebih efektif dan interaktif.
- c) Alat evaluasi pencapaian hasil pembelajaran.
- d) Menghemat waktu pendidik dalam mengajar.
- e) Sumber penilaian sisa dalam belajar.

2) Fungsi Bahan Ajar Bagi Peserta Didik

- a) Membantu peserta didik belajar secara mandiri, kapan, dan dimana saja.

⁶⁰ Daryanto, Aris Dwicahyo. Pengembangan Perangkat Pembelajaran (Silabus, Rpp, Phb, Bahan AJAR) (Yogyakarta: Gava Media, 2014).

- b) Membantu peserta didik belajar sesuai dengan kecepatannya masing-masing.
 - c) Membantu peserta didik dalam mengendalikan seluruh aktivitas proses pembelajaran.
- c. Tujuan Bahan Ajar**
- a) Membantu peserta didik mendapatkan alternatif pembelajaran yang efektif.
 - b) Memudahkan pendidik dalam melaksanakan pembelajaran.
 - c) Menyediakan bahan ajar yang sesuai dengan tuntutan kurikulum dengan mempertimbangkan kebutuhan peserta didik.
- d. Jenis-Jenis Bahan Ajar**
- a) Bahan ajar pandang (visual) seperti buku, modul, brosur, gambar, majalah, dan lembar kerja peserta didik.
 - b) Bahan ajar dengar (audio) seperti kaset, rekaman, radio.
 - c) Bahan ajar pandang dengar (audio visual) seperti video dan film.
 - d) Bahan ajar multimedia interaktif seperti *compact disk* (CD), *Website*, dan *computer assisted instruction* (CAI).
- e. Kriteria Bahan Ajar**
- Bahan ajar dapat dikatakan baik jika memenuhi kriteria atau ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan. Karakteristik bahan ajar yang baik adalah substansi materi yang diakumulasikan dari standar kompetensi atau kompetensi dasar yang ada dalam kurikulum, mudah dipahami, memiliki daya tarik dan mudah dibaca.

2. Modul

a. Pengertian Modul

Modul dapat diartikan sebagai bahan ajar yang dirancang secara sistematis berdasarkan kurikulum tertentu dikemas dengan satuan pembelajaran terkecil

dan memungkinkan untuk dipelajari secara mandiri dalam waktu tertentu.⁶¹ Modul adalah bahan ajar yang bersifat mandiri, sehingga penggunaannya dapat belajar dengan atau tanpa seorang guru.⁶² Modul merupakan bahan ajar cetak yang dirancang untuk dipelajari secara mandiri oleh peserta didik.⁶³

b. Tujuan Modul

Tujuan dari penyediaan modul adalah sebagai berikut:⁶⁴

- 1) Meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembelajaran di sekolah.
- 2) Memperjelas dan mempermudah penyajian pesan agar tidak terlalu bersifat verbal.
- 3) Dapat digunakan secara bervariasi, untuk meningkatkan motivasi belajar, mengembangkan kemampuan dalam berinteraksi.
- 4) Mengatasi keterbatasan waktu, ruang, dan daya indra.
- 5) Sebagai sumber evaluasi hasil belajar, baik untuk peserta didik maupun pendidik.

c. Karakteristik Modul

Modul memiliki beberapa karakteristik sehingga dapat mendukung sistem belajar secara mandiri. Berikut beberapa karakteristik modul yaitu:

- 1) *Self Intruction*, artinya peserta didik mampu membelajarkan diri sendiri, tidak tergantung pada pihak lain.

⁶¹ Selly Kurnia Rizki, Anak Agung Oka, and Triana Asih, "Pengembangan Modul Pembelajaran Biologi Berbasis Problem Based Learning Terintegrasi Nilai-Nilai Karakter Pada Materi Sistem Pencernaan Manusia Kelas XI SMA Negeri 5 Metro," *Bioedukasi*, 2020.

⁶² Girik Jean Fery Yani Bangun, Mustika Wati, and Sarah Miriam, "Pengembangan Modul Fisika Menggunakan Model Inkuiri Terbimbing Untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains Dan Sikap Sosial Peserta Didik," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika* 3, no. 2 (2019).

⁶³ Desi Ariana, Risya Pramana Situmorang, and Agna Sulis Krave, "Pengembangan Modul Berbasis Discovery Learning Pada Materi Jaringan Tumbuhan Untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains Siswa Kelas Xi Ipa Sma," *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA* 11, no. 1 (2020).

⁶⁴ Dr. E. Kosasih. Pengembangan Bahan Ajar. Indonesia: Bumi Aksara, 2021.

- 2) *Self Contained*, artinya seluruh materi pembelajaran dari satu unit kompetensi atau sub kompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu modul secara utuh.
- 3) *Stand Alone*, artinya modul yang dikembangkan tidak bergantung pada media lain atau tidak harus digunakan bersama-sama dengan media pembelajaran lain.
- 4) *Adaptive*, artinya memiliki daya adaptif yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan teknologi.
- 5) *User Friendly* artinya setiap intruksi dan paparan informasi yang tampil bersifat membantu dan bersahabat dengan pemakainnya, termasuk kemudahan pemakai dalam merespon, mengakses sesuai keingintahuan.

d. Kriteria Modul yang Baik

Berdasarkan karakteristiknya, kriteria modul yang baik adalah sebagai berikut:

- 1) Modul harus menarik minat dan memotivasi para peserta didik.
- 2) Modul harus menghindari pada konsep yang samar-sama dan sudut pandang tidak jelas.
- 3) Modul harus menghargai perbedaan-perbedaan pribadi para peserta didik.
- 4) Modul harus mendorong peserta didik untuk dapat mengomunikasikan ide, pikiran, gagasan, dan informasi kepada orang lain.
- 5) Modul harus memperhatikan keterpaduan dan keutuhan materi sehingga peserta didik dapat memahami dan menerapkannya secara bermakna dan fungsional.
- 6) Modul harus memuat materi yang sesuai dengan kurikulum, memiliki kepaduan dan kejelasan konsep, bersumber dari peristiwa dan berbahasa secara nyata dan bermakna bagi kecakapan peserta didik.

- 7) Penyajian latihan harus mendorong peserta didik untuk mempelajari isi modul secara lebih aktif.
- 8) Penggunaan bahasa harus sesuai dengan tingkat perkembangan peserta didik sehingga mudah bagi mereka memahaminya.

e. Kelebihan dan Kekurangan Modul

1) Kelebihan Modul

Modul memiliki kelebihan diantaranya:

- a) Dapat menjadikan kinerja peserta didik selaras.
- b) Memberikan umpan balik langsung.
- c) Bersifat fleksibel.
- d) Memberikan kesempatan kepada peserta didik menemukan titik kelemahannya dalam belajar.
- e) Menumbuhkan motivasi belajar peserta didik.

2) Kekurangan Modul

Selain kelebihan modul juga memiliki kelemahan diantaranya:

- a) Membutuhkan biaya yang cukup tinggi dalam mengembangkan modul.
- b) Membutuhkan keteguhan pendidik dalam memantau proses pembelajaran.
- c) Terdapat kedisiplinan yang tidak merata pada peserta didik.

3. Modul Elektronik

a. Pengertian Modul Elektronik

Modul elektronik adalah bentuk penyajian bahan ajar mandiri yang dirancang secara sistematis dalam unit pembelajaran terkecil untuk mencapai tujuan pembelajaran yang disajikan dalam format elektronik. Biasanya terdapat audio, navigasi, video, gambar, yang membuat lebih interaktif ketika digunakan. E-modul merupakan versi elektronik dari sebuah modul yang sudah dicetak dan dirancang pada komputer

menggunakan software yang diperlukan.⁶⁵ Modul elektronik merupakan modul digital yang berisi materi yang terdiri dari teks, gambar, serta simulasi praktikum digital.⁶⁶ Modul elektronik juga merupakan modul yang digunakan untuk memudahkan dalam memahami pembelajaran.⁶⁷ Modul dapat diakses oleh peserta didik dengan memiliki manfaat dan karakteristik yang berbeda-beda.⁶⁸ Penggunaan modul elektronik tidak terbatas ruang dan waktu, karena tergantung kesanggupan peserta didik dalam menggunakannya.⁶⁹

b. Karakteristik Modul Elektronik

Sama seperti dengan modul cetak modul elektronik juga memiliki karakteristik yang sama dengan modul cetak.

- a) *Self Intruction*, artinya peserta didik mampu membelajarkan diri sendiri, tidak tergantung pada pihak lain.
- b) *Self Contained*, artinya seluruh materi pembelajaran dari satu unit kompetensi atau sub kompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu modul secara utuh.
- c) *Stand Alone*, artinya modul yang dikembangkan tidak bergantung pada media lain atau tidak harus digunakan bersama-sama dengan media pembelajaran lain.

⁶⁵ I Gede Agus Saka Prasetya, I Made Agus Wirawan, and I Gede Partha Sindu, "Pengembangan E-Modul Pada Mata Pelajaran Pemodelan Perangkat Lunak Kelas Xi Dengan Model Problem Based Learning Di Smk Negeri 2 Tabanan," *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan* 14, no. 1 (2017).

⁶⁶ Nita Sunarya Herawati and Ali Muhtadi, "Pengembangan Modul Elektronik (e-Modul) Interaktif Pada Mata Pelajaran Kimia Kelas XI SMA," *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan* 5, no. 2 (2018).

⁶⁷ Ricu Sidiq and Najuah, "Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis Android Pada Mata Kuliah Strategi Belajar Mengajar," *Jurnal Pendidikan Sejarah* 9, no. 1 (2020).

⁶⁸ Anggraini Diah Puspitasari, "Penerapan Media Pembelajaran Fisika Menggunakan Modul Cetak Dan Modul Elektronik Pada Siswa SMA," *Jurnal Pendidikan Fisika* 7, no. 1 (2019).

⁶⁹ Ismi Laili, Ganefri, and Usmeldi, "Efektivitas Pengembangan E-Modul Project Based Learning Pada Mata Pelajaran Instalasi Motor Listrik," *Jurnal Imiah Pendidikan Dan Pembelajaran* 3, no. 3 (2019).

- d) *Adaptive*, artinya memiliki daya adaptif yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan teknologi.
- e) *User Friendly* artinya setiap intruksi dan paparan informasi yang tampil bersifat membantu dan bersahabat dengan pemakainnya, termasuk kemudahan pemakai dalam merespon, mengakses sesuai keingintahuan.

c. Kekurangan dan Kelebihan Modul Elektronik

1) Kekurangan Modul Elektronik

- a) Biaya pengembangan bahan yang cukup tinggi dan waktu yang dibutuhkan lebih lama.
- b) Sulit mendisplinkan belajar peserta didik, sebab terdapat beberapa siswa yang kurang disiplin.
- c) Membutuhkan ketekunan dari fasilitator untuk terus memantau proses belajar, memberi motivasi dan konsultasi secara individu kepada peserta didik.

2) Kelebihan Modul Elektronik

- a) Pendidikan lebih berdaya guna, karena bahan ajar disusun menurut jenjang akademik.
- b) Penyajian materi lebih interaktif dan dinamis.
- c) Bahan ajar lebih merata dalam satu semester.
- d) Dapat meningkatkan belajar peserta didik.
- e) Adanya evaluasi pembelajaran dan setelahnya dapat diketahui hasil capaian pembelajarannya.⁷⁰

⁷⁰ Najuah, Pristi Suhendro Lukitoyo, and Winna Wirianti, *Modul Elektronik: Prosedur Penyusunan Dan Aplikasinya, Yayasan Kita Menulis.*, 2020.

Tabel 2.1⁷¹

Perbedaan Antara Modul Cetak dan Modul Elektronik

Modul Elektronik	Modul Cetak
Ditampilkan menggunakan monitor atau layar computer	Tampilan berupa kumpulan kertas berisi informasi tercetak, dijilid, dan diberi cover.
Lebih praktis untuk dibawa kemana-mana	Semakin banyak jumlah halaman sebuah modul cetak, maka akan semakin tebal dan besar pula bebannya, sehingga semakin memberatkan dan merepotkan membawanya.
Menggunakan CD, USB, Flashdisk atau memori card sebagai penyimpanan	Tidak menggunakan CD, usb, flashdisk, atau memori sebagai media penyimpanan data.
Biaya produksi lebih murah jika dibandingkan dengan modul cetak	Biaya produksinya jauh lebih mahal.
Menggunakan sumber daya berupa tenaga listrik dan peralatan digital untuk mengoperasikannya.	Cukup praktis digunakan karena tidak membutuhkan sumber daya khusus.
Tahan lama dan tidak lapuk dimakan waktu.	Daya tahan kertas terbatas oleh waktu. Semakin lama, warna kertas dapat memudar dan lapuk. Selain itu kertas juga mudah sobek dan dapat dimakan rayap.

⁷¹ Gunadharma, Ananda. Pengembangan Modul Elektronik Sebagai Sumber Belajar Untuk Mata Kuliah Multimedia Design, 2011. (online, diakses 18 Juli 2023).

Naskah dapat disusun secara linear maupun non linear.	Naskah hanya dapat disusun secara linear.
Dapat dilengkapi dengan audio, video dalam satu bundle penyajian.	Tidak dapat menyertakan audio atau video dalam bundle penyajiannya dan hanya dilengkapi oleh ilustrasi gambar.
Pada tiap kegiatan belajar dapat diberikan kata kunci yang berguna untuk mengunci kegiatan pembelajaran. Sehingga peserta didik dapat menguasai satu kegiatan belajar sebelum ke pembelajaran berikutnya.	Tidak dapat diberi kata kunci, sehingga peserta didik berpeluang mempelajari secara bebas dan menjadikan control jenjang kompetensi mengalami kendala.

4. Etno-STEM

Nation Science Foundation AS adalah salah satu penggagas STEM pada tahun 1990-an. Sebagai tema gerakan reformasi pendidikan dalam keempat bidang disiplin ilmu, mengembangkan warga yang melek STEM, dan meningkatkan daya saing global dalam inovasi teknologi dan informasi.⁷² Pendekatan STEM di Indonesia sendiri sudah berkembang sejak tahun 2019, banyak institusi di Indonesia sudah memulai fokus pada pendekatan STEM.⁷³

STEM merupakan pembelajaran terapan yang menggunakan pendekatan antar-ilmu (*Science, Technology, Engineering, and Mathematic*) mempraktikan dan menerapkan konten dasar dari STEM dalam kehidupan sehari-hari.⁷⁴ Dengan mengangkat konten keseharian ke

⁷² Irman Artobatama, Ghullam Hamdu, and Rosarina Giyartini, "Analisis Desain Pembelajaran STEM Berdasarkan Kemampuan 4C Di SD," *Indonesian Journal of Primary Education* 4, no. 1 (2020).

⁷³ Parmin et al., "Indonesian Science Teachers' Views on Attitude, Knowledge, and Application of STEM."

⁷⁴ Agus Pahrudin et al., "The Effectiveness of Science, Technology, Engineering, and Mathematics-Inquiry Learning for 15-16 Years Old Students Based

dalam pembelajaran, pembelajaran yang berlangsung lebih bermakna, lebih tertarik, dan merasakan manfaat belajar fisika dalam keseharian secara nyata.⁷⁵ Dapat juga diartikan sebagai proses pembangunan konsep-konsep sains ilmiah melalui kearifan lokal setempat dan terintegrasi STEM.⁷⁶

Pembelajaran STEM perlu menekankan beberapa aspek dalam proses pembelajaran, diantaranya:⁷⁷

- 1) Mengajukan pertanyaan (*science*) dan mendefinisikan masalah (*engineering*)
- 2) Mengembangkan dan menggunakan model
- 3) Merencanakan dan melakukan investigasi
- 4) Menganalisis dan menafsirkan data (*mathematics*)
- 5) Menggunakan matematika, teknologi informasi dan computer, serta berpikir komputasi
- 6) Membangun eksplanasi (*science*) dan merancang solusi (*engineering*)
- 7) Terlibat dalam argument berdasarkan bukti
- 8) Memperoleh, mengevaluasi, dan mengomunikasikan informasi.

Etnosains merupakan strategi penciptaan lingkungan belajar dan perancangan pengalaman belajar yang terintergrasikan budaya sebagai bagian dari proses pembelajaran.⁷⁸ Budaya lokal dalam pembelajaran dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, pembelajaran juga lebih efektif jika menggunakan lingkungan atau peralatan

on K-13 Indonesian Curriculum: The Impact on the Critical Thinking Skills,” *European Journal of Educational Research* 10, no. 2 (2021).

⁷⁵ Mellya Dewi, Ida Kaniawati, and Irma Rahma Suwama, “Penerapan Pembelajaran Fisika Menggunakan Pendekatan STEM,” *Quantum: Seminar Nasional Fisika, Dan Pendidikan Fisika* 0, no. 0 (2018).

⁷⁶ Sartika, Efendi, and Wulandari, “Efektivitas Pembelajaran IPA Berbasis Etno-STEM Dalam Melatihkan Keterampilan Berpikir Analisis.”

⁷⁷ Jaka Afriana, Anna Permanasari, and Any Fitriani, “Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Ditinjau Dari Gender,” *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA* 2, no. 2 (2016).

⁷⁸ Yuliana Wahyu, “Pembelajaran Berbasis Etnosains Di Sekolah Dasar,” *Jurnal Inovasi Pendidikan Dasar* 1, no. 2 (2017).

yang ada disekitarnya.⁷⁹ Etnosains juga merupakan kegiatan mentranformasikan sains asli masyarakat dengan sains ilmiah.⁸⁰ Etnosains merupakan pengetahuan lintas disiplin yaitu kolaborasi antara berbagai bidang pelajaran baik berupa sosial, sains, atau matematika.⁸¹ Pembelajaran berbasis etnosains meliputi mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mencoba, dan mengomunikasikan.⁸² Dalam dunia pendidikan masih jarang pembelajaran yang menerapkan pembelajaran etnosains pada materi fisika, padahal pembelajaran yang mengaitkan kearifan lokal dengan pembelajaran lingkungan dapat memmbuat siswa lebih tanggap terhadap pembelajaran.⁸³

Pendekatan etno-STEM awalnya berasal dari etnosains, yaitu pembaruan sains asli yang berkembang di masyarakat setempat untuk diintegrasikan menjadi sains ilmiah.⁸⁴ Pendekatan etno-STEM merupakan salah satu pembelajaran sains berbasis multikultural yaitu pembelajaran yang mengintegrasikan budaya dengan sains, teknologi, teknik, dan matematika.⁸⁵ Etno-STEM merupakan penggabungan dari empat disiplin ilmu dengan etnosains yaitu sebagai berikut: 1) etnosains : pendekatan pembelajaran yang mengimplementasikan budaya daerah sebagai objek pembelajaran sains, 2) sains : kemampuan

⁷⁹ Cristian Damayanti, Ani Rusilowati, and Suharto Linuwih, "Pengembangan Model Pembelajaran IPA Terintegrasi Etnosains," *Journal of Innovative Science Education* 6, no. 1 (2017).

⁸⁰ Novitasari et al., "Fisika, Etnosains, Dan Kearifan Lokal Dalam Pembelajaran Sains."

⁸¹ Dwi Nurcahyani et al., "Ethnoscience Learning on Science Literacy of Physics Material to Support Environment: A Meta-Analysis Research," *Journal of Physics: Conference Series* 1796, no. 1 (2021).

⁸² Afrin Puspasari et al., "Implementasi Etnosains Dalam Pembelajaran IPA Di SD Muhammadiyah Alam Surya Mentari Surakarta," *SEJ (Science Education Journal)* 3, no. 1 (2019).

⁸³ Nurcahyani et al., "Ethnoscience Learning on Science Literacy of Physics Material to Support Environment: A Meta-Analysis Research."

⁸⁴ Ahmad Khoiri and Widha Sunarno, "Pendekatan Etnosains Dalam Tinjauan Fisafat," *SPEKTRA : Jurnal Kajian Pendidikan Sains* 4, no. 2 (2018).

⁸⁵ N. Tresnawati et al., "Science Batik Ciwaringin: The Implementation of Ethno-STEM PjBL Model in Learning Biotechnology at PGSD Students," *Journal of Physics: Conference Series* 1842, no. 1 (2021).

dalam memaparkan informasi ilmiah, lalu menerapkan dalam dunia nyata yang memiliki peran dalam mencari solusi, 3) teknologi : keterampilan dalam mengaplikasikan berbagai teknologi, belajar mengembangkan teknologi, menganalisis teknologi dapat mengembangkan pemikiran siswa dan masyarakat, 4) teknik : kemampuan dalam mengembangkan teknologi dengan model yang lebih kreatif dan inovatif dengan menggabungkan bidang keilmuan, 5) matematika : kemampuan dalam menganalisis dan menyampaikan gagasan, rumusan, menyelesaikan masalah secara matematik dalam aplikasinya di dunia nyata.⁸⁶

Gustone juga mengatakan, pembelajaran yang dilakukan dengan menggunakan konsep budaya sebagai sumber belajar dapat meningkatkan kemampuan dalam menggunakan pengetahuan sains.⁸⁷ Secara tidak langsung penggunaan etno-STEM dapat membantu pengaktualisasian etnopedagogi dalam upaya pelestarian budaya dalam bentuk pembelajaran.⁸⁸ Pembelajaran berbasis Etno-STEM merupakan salah satu alternatif yang dapat membangun keterampilan abad-21, dimana peserta didik mampu mengembangkan karakter kewirausahaan, penguasaan konsep, kreatif dan inovatif serta melestarikan budaya.⁸⁹ Hal tersebut sesuai dengan perkembangan pendidikan sekarang yang terpusat pada peserta didik.⁹⁰ Penerapan pembelajaran berbasis etno-STEM dapat membantu siswa dalam

⁸⁶ A A Risnawati, "Pembelajaran Ethno-STEM Berbantu Google Classroom Untuk Meningkatkan Kemampuan Berfikir Kreatif Siswa," *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana*, 2020.

⁸⁷ Arifatun Nisa, Sudarmin, and Samini, "Efektivitas Penggunaan Modul Terintegrasi Etnosains Dalam Pembelajaran Berbasis Masalah Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa," *USEJ - Unnes Science Education Journal* 4, no. 3 (2015).

⁸⁸ R Inayah, P Aswirna, and A Asrar, "Pengembangan E-Modul Berbasis Etno-Stem Berbantuan Canva Terintegrasi Gordang Sambilan Terhadap Keterampilan Komunikasi," *Journal Cerdas Mahasiswa*, 2022.

⁸⁹ Dewi, Kaniawati, and Suwarna, "Penerapan Pembelajaran Fisika Menggunakan Pendekatan STEM."

⁹⁰ Qorry Adilla Fikrina, Sudarmin Sudarmin, and Sigit Priatmoko, "Pengembangan E -LKPD Keseimbangan Kuantitatif Asam Basa Terintegrasi PjBL Etno-STEAM Batik Untuk Meningkatkan Literasi Numerasi Dan Karakter Konservasi Siswa," 2022.

menghadapi persaingan global di masa yang akan datang, meningkatkan kemampuan peserta didik dari mulai pemecahan masalah secara efektif, efisien, dan bekerja sama.⁹¹

Model pembelajaran dengan pendekatan etno-STEM merupakan pengembangan pendekatan STEM yang berbasis pada kearifan lokal suatu daerah. Pelaksanaan pembelajaran yang menekankan pada aspek pedagogis bersinergi dengan kemampuan konstruktivisme dapat diintegrasikan pada penggunaan teknologi. Pendekatan etno-STEM menunjang pembelajaran dan meningkatkan kualitas pendidikan khususnya pada kompetensi pengetahuan dan keterampilan.⁹² Sehingga pendekatan berbasis etno-STEM ini memberikan pengalaman belajar yang bermakna serta bermanfaat bagi peserta didik.⁹³ Tujuan dari pendekatan etno-STEM adalah agar peserta didik memiliki literasi sains dan teknologi yang terlihat dari membaca, memahami, mengamati, dan mempraktikkan. Sehingga ketika terjun dimasyarakat mampu untuk mengembangkan kompetensi yang telah dimiliki untuk diterapkan dalam menghadapi permasalahan dalam kehidupan sehari-hari yang terkait dengan kearifan lokal.⁹⁴ Oleh karena itu pembahasan terkait

⁹¹ Prima Aswirna et al., "STEM-Based E-Module Integrated Local Wisdom of Rice Stem Fertilizers on Students' Critical and Creative Thinking," *Al-Ta Lim Journal* 29, no. 1 (2022).

⁹² Yulkifli Yulkifli, Yohandri Yohandri, and Hasbi Azis, "Development of Physics E-Module Based on Integrated Project-Based Learning Model with Ethno-STEM Approach on Smartphones for Senior High School Students," *Momentum: Physics Education Journal* 6, no. 1 (2022).

⁹³ Woro Sumarni et al., *Indigenous Knowledge of Indonesian Traditional Medicines in Science Teaching and Learning Using a Science–Technology–Engineering–Mathematics (STEM) Approach, Cultural Studies of Science Education*, vol. 17 (Springer Netherlands, 2022).

⁹⁴ Niken Eka Priyani and Nawawi Nawawi, "Pembelajaran Ipa Berbasis Ethno-Stem Berbantu Mikroskop Digital Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Di Sekolah Perbatasan," *WASIS : Jurnal Ilmiah Pendidikan* 1, no. 2 (2020).

pengintegrasian antara kearifan lokal dengan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika sangat penting.⁹⁵

Tabel. 2.2⁹⁶
Sistematika E-Modul Fisika Berbasis Etno-STEM

E-Modul	Etno-STEM
COVER	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
PETUNJUK PENGGUNAAN E-MODUL	
PEMBELAJARAN	<ul style="list-style-type: none"> • Etnosains : materi yang disediakan pada e-modul berupa adat masyarakat Lampung yang berkaitan dengan sanitasi lingkungan. • Sains : materi yang disediakan pada e-modul materi pendidikan lingkungan tentang pengendalian lingkungan tanah dan udara. • Teknologi : materi yang disediakan dalam e-modul berupa video tentang briket yang merupakan salah satu teknologi dalam pengolahan limbah. • Teknik : materi yang disediakan berupa teknik pengolahan air. • Matematika : materi yang disediakan
1. Kegiatan Pembelajaran 2. Tujuan 3. Uraian materi 4. Rangkuman 5. Tugas Penerapan materi pada e-modul dengan menggunakan multimedia meliputi: gambar, video, pemaparan materi, dan latihan soal	

⁹⁵ Masniah Isnaniah Nur., "Pembelajaran Fisika Berbasis Etno-STEM Melalui Permainan Tradisional Kalimantan Selatan," *Alkawnu: Science and local wisdom journal* 02, no. 01 (2022).

⁹⁶ Direktorat Pembinaan SMA Ditjen Pendidikan Menengah Atas, 2017.

	berupa latihan soal dan evaluasi formatif tentang fluida.
Evaluasi Formatif	Matematika dan sanis : evaluasi formatif yang disediakan berupa perhitungan fluida.
REFERENSI	
KUNCI JAWABAN LATIHAN	
KUNCI JAWABAN EVALUASI FORMATIF	
GLOSARIUM	
PROFIL PENULIS	
COVER AKHIR	

5. Sanitasi Lingkungan

Sanitasi menurut kamus besar bahasa Indonesia adiartikan sebagai pemeliharaan kesehatan. Menurut *World Health Organization*, sanitasi adalah upaya pengendalian semua faktor lingkungan fisik manusia yang mungkin dapat menimbulkan hal-hal yang merugikan bagi perkembangan fisik, kesehatan, dan daya tahan hidup manusia.⁹⁷

Sanitasi adalah upaya manusia untuk mencegah penyakit demi mewujudkan kesehatan lingkungan. Upaya kesehatan lingkungan ditunjukkan guna meningkatkan kualitas lingkungan yang sehat, baik secara fisik, kimia, biologi maupun sosial.⁹⁸ Sedangkan lingkungan adalah sesuatu yang berada disekitar manusia.⁹⁹ Sanitasi juga sangat berperan penting dalam pengembangan kreativitas individu dan adanya kesadaran masyarakat tentang pengetahuan sanitasi. Sehingga

⁹⁷ Yuvita Cornelya Said, Nurhayati, and Deni Kurniawan, "Pengaruh Pengetahuan Tentang Sanitasi Lingkungan Terhadap Kualitas Kesehatan Lingkungan Rumah Di Kebayoran Lama Utara," *Jurnal TechLINK Vol 4*, no. 2 (2020).

⁹⁸ Firdanis et al., "Observasi Sarana Terminal Brawijaya Banyuwangi Melalui Assessment Indikator Sanitasi Lingkungan Tahun 2019."

⁹⁹ I Ihsani and M B Santoso, "Edukasi Sanitasi Lingkungan Dengan Menerapkan Perilaku Hidup Bersih Dan Sehat (Phbs) Pada Kelompok Usia Prasekolah Di Taman Asuh Anak Muslim," *Prosiding Penelitian Dan Pengabdian* (scholar.archive.org, 2020).

dapat disimpulkan sanitasi lingkungan adalah upaya untuk menjaga kesehatan lingkungan dengan menerapkan perilaku hidup bersih dan sehat. Atau upaya untuk menciptakan keadaan yang lebih baik dalam bidang masyarakat.

Tujuan dari sanitasi lingkungan yaitu menjamin kebersihan lingkungan sehingga terwujudnya kondisi lingkungan dengan prasyarat kesehatan, mengembalikan memperbaiki, dan mempertahankan kesehatan, serta menumbuhkan kesadaran tentang pentingnya kesehatan lingkungan.¹⁰⁰ Manfaat dari sanitasi lingkungan yaitu: menciptakan lingkungan yang sehat, nyaman untuk ditempati, dan terhindar dari penyakit berbahaya dan menular. Mengurangi terjadinya malnutrisi yang berbahaya untuk lingkungan. Memperbaiki kondisi air yang digunakan dalam tanah, agar lebih banyak digunakan. Mencegah terjadinya polusi udara. Menghindari pencemaran lingkungan.

Jenis-jenis sanitasi seperti sanitasi dasar, sanitasi lingkungan, sanitasi air, sanitasi pengolahan sampah, sanitasi makanan, sanitasi berbasis wabah, sanitasi berbasis masyarakat, sanitasi ekologis, sanitasi darurat dan sanitasi kering. Namun yang akan kita bahas adalah sanitasi lingkungan dengan ruang lingkup pengendalian lingkungan tanah dan udara serta pencemarannya.

a. Pengendalian Lingkungan Tanah dan Pencemarannya

Berdasarkan sudut pandang ahli geologi, tanah didefinisikan sebagai lapisan permukaan bumi yang berasal dari bebatuan dan yang telah mengalami serangkaian pelapukan oleh gaya-gaya alam, sehingga bebatuan tersebut membentuk lapisan partikel.

Berdasarkan sudut pandang ahli ilmu alam murni atau berdasarkan pendekatan pedologi tanah didefinisikan sebagai bahan padat yang terletak di

¹⁰⁰ Kusumanti et al., "Peningkatan Implementasi Sanitasi Lingkungan Melalui Pelatihan Bagi Siswa Sekolah Dasar Di Bogor."

permukaan bumi. Bahan pdat tersebut telah dan sedang terus mengalami perubahan yang dipengaruhi oleh faktor-faktor bahan induk, iklim, organisme, topografi, dan waktu. Berdasarkan sudut pandang ahli pertanian, tanah didefinisikan sebagai media untuk tumbuh tanaman. Menurut ahli ilmu tanah, tanah didefinisikan sebagai lapisan permukaan yang secara fisik berfungsi sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya penakaran, sebagai penopang tumbuh tegaknya tanaman dan menyuplai kebutuhan air, serta hara ke akar tanaman. Secara kimiawi tanah berfungsi seagai gudang dan penyuplai hara atau nutrisi, baik berupa senyawa organik maupun anorganik sederhana dan unsur esensial, seperti: N, P, K, P, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn, B, dan Cl. Secara biologis tanah berfungsi sebagai habitat dari organisme tanah yang turut berpartisipasi aktif dalam penyediaan hara tersebut dan zat-zat aditif bagi tanaman.¹⁰¹ Berikut penjelasan masing-masing lapisan permeabilitas tanah atau dikenal dengan susunan horizon-horizon:¹⁰²

a. Lapisan O

Lapisan ini disebut dengan humus. Lapisan ini didominasi oleh keberadaan materi organik dalam jumlah besar yang berasal dari berbagai tingkat dekomposisi. Lapisan O tidak sama dengan lapisan dedaunan yang berada di atas tanah, yang sesungguhnya bukan bagian dari tanah itu.

b. Lapisan A dan E

Lapisan A adalah lapisan dari atas tanah, kondisi lapisan teknis dari lapisan A sangat bervariasi. Lapisan ini memiliki warna gelap daripada lapisan yang berada di bawahnya dan mengandung banyak material organik. Lapisan A dikenal sebagai lapisan yang memiliki banyak aktivitas biologi. Sedangkan

¹⁰¹ Abdul Madjid. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. (Palembang: Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, 2007).

¹⁰² Hanfiah Kemas Ali. Ilmu Tanah. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada, 2018).

lapisan E dianggap sebagai perantara lapisan B dan memiliki sifat antara A dan B.

c. Lapisan B

Lapisan B adalah lapisan bawah tanah yang memiliki lapisan mineral yang mirip dengan lapisan mineral tanah liat seperti besi atau aluminium atau material organik yang sampai ke lapisan tersebut oleh suatu proses kebocoran. Akar tumbuhan menembus lapisan tanah ini, namun lapisan ini sangat miskin material organik. Umumnya lapisan ini berwarna kecoklatan atau kemerahan akibat tanah liat dan besi oksida yang terbilas dari lapisan A.

d. Lapisan C

Dinamakan lapisan C karena di bawah A dan B. Lapisan ini sedikit dipengaruhi oleh keberadaan proses pembentukan tanah dari bawah. Lapisan C mungkin mengandung bebatuan yang belum mengalami proses pelapukan, lapisan ini juga mengandung material induk.

e. Lapisan R

Lapisan R didefinisikan sebagai lapisan yang mengalami sebagian pelapukan bebatuan menjadi tanag. Berbeda dengan lapisan di atasnya, lapisan ini sangat padat dan keras dan tidak bisa digali dengan tanah.

Sifat fisik tanah:¹⁰³

a. Bahan induk tanah

Bahan induk tanah merupakan materi utama dari tanah yang dibentuk oleh berbagai faktor melalui proses kimiawi, biologis dan fisika. Bahan induk tanah secara umum adalah quartz, kalsit, feldspar, dan biotit.

¹⁰³ Bachri, Moch. Geologi Lingkungan. (Malang: CV. Aksara, 1995).

- b. **Tekstur tana**

Komponen mineral adalah pasir, lumpur, dan tanah liat, proporsi kombinasi dari ketiga bahan akan menentukan tekstur tanah. Hal yang dipengaruhi oleh tekstur tanah mencakup porositas, permeabilitas, infiltrasi, dan kapasitas kandungan air. Tanah, pasir dan lumpur merupakan produk dari material induk yang mengalamo proses fisika dan kimiawi. Tanah liat merupakan produk dari pengendapan material induk yang larut sebagai material sekunder.
- c. **Kepadatan tanah**

Tingkat kepadatan tanah umumnya berkisar antara 2,6 hingga 2,75 gram per cm^3 dan biasanya tidak dapat berubah. Tanah dengan kepadatan rendah dapat menyimpan air lebih baik namun bukan berarti cocok untuk pertumbuhan tanaman. Tanah dengan kepadatan tinggi menunjukkan tingkat kandungan pasir yang tinggi.
- d. **Porositas tanah**

Porositas berarti ruas kosong (pori-pori) diantara tekstur tanah yang tidak teriris dengan mineral atau bahan organik namun terisi oleh gas atau air.
- e. **Temperatur tanah**

Tanah memiliki temperature yang bervariasi mulai dari tingkat dingin ekstrim -20 derajat celcius hingga tingkat panas ekstrim mencapai 60 derajat celcius.
- f. **Warna tanah**

Warna tanah umumnya ditentukan oleh kandungan material organik, kondisi drainase, minearologi tanah dan tingkat oksidasi. Pengembangan dan distribusi warna tanah berasal dari proses kimiawi dan tingkat pelapukan material organik.
- g. **Konsistensi tanah**

Konsistensi tanah berarti kemampuan tanah untuk menempel pada objek lain dan kemampuan tanah untuk menghindari deformasi atau berpisah.

Konsistensi diukur dengan 3 kondisi kelembapan yaitu kering, basah dan lembap. Konsistensi tanah bergantung pada tingkat banyaknya tanah liat.

h. Tekstur tanah

Tekstur tanah menunjukkan komposisi partikel penyusun tanah yang dinyatakan sebagai perbandingan proporsi (%) relative antara fraksi pasir berdiameter 2,00-0,20 mm, debu berdiameter 0,20-0,002 mm, dan liat $< 2 \mu\text{m}$.

i. Struktur tanah

Struktur merupakan kenampakan bentuk atau susunan partikel-partikel primer tanah (pasir, debu, dan liat individual) hingga partikel-partikel sekunder (gabungan partikel-partikel primer yang disebut gumpalan yang membentuk bongkah). Struktur tanah berfungsi memodifikasi pengaruh tekstur terhadap kondisi drainase atau aerasi tanah, Karenas susunan antar-ped atau agreget tanah menghasilkan ruang yang lebih besar daripada susunan antar partikel primer. Oleh karena itu tanah yang berstruktur baik akan mempunyai kondisi drainase yang baik pula, sehingga lebih memudahkan sistem perakaran tanaman untuk berpenetrasi dan mengabsorpsi hara dan air, sehingga pertumbuhan dan produksi lebih baik.¹⁰⁴

Pencemaran tanah adalah memasuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energy, dan komponen lain ke dalam tanah oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas tanah turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan tanah tidak dapat berfungsi sesuai dengan mestinya. Dampak pencemaran tanah terhadap ekosistem:

- Adanya bahan kimia beracun/berbahaya
- Konsentrasi rendah efek kimia pada piramida bawah
- Penurunan hasil pertanian

¹⁰⁴ Tejawono N. Ilmu Tanah. (Yogyakarta: Universitas Gajah Mada, 2006).

Sumber pencemar tanah adalah limbah domestik, limbah industri, dan limbah pertanian.

b. Pengendalian Lingkungan Udara dan Pencemarannya

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi cairan gas tersebut tidak selalu konsisten. Komponen yang konsentrasinya paling tinggi adalah air yang berbentuk uap air dan karbon dioksida. Jumlah uap air di udara sangat bervariasi tergantung dari cuaca dan suhu. Konsentrasi karbon dioksida di udara selalu rendah sekitar 0,03%. Konsentrasi karbon dioksida juga dapat naik jika terdapat proses seperti pembusukan sampah tanaman, pembakaran, atau kumpulan manusia di ruangan terbatas. Konsentrasi karbon dioksida yang rendah disebabkan oleh absorpsi karbon dioksida oleh tanaman selama fotosintesis dan karena konsentrasi total karbon dioksida di udara sangat kecil. Udara bersih yang dihirup hewan dan manusia merupakan gas yang tidak terlihat, tidak berbau, tidak berasa maupun berwarna.¹⁰⁵

Unsur utama penyusun udara:

1. Udara kering

Kandungan udara kering:

- 78% Nitrogen
- 20% Oksigen
- 0,93% Argon
- 0,03% Karbon dioksida
- 0,003% gas lain

2. Uap air

Uap air yang ada di udara berasal dari evaporasi pada laut, danau, sungai, dan tempat-tempat berair.

¹⁰⁵ Augusta Kurniawan, "Pengukuran Parameter Kualitas Udara (Co, No₂, So₂, O₃ Dan Pm₁₀) Di Bukit Kototabang Berbasis Ispu," *Jurnal Teknosains* 7, no. 1 (2018).

3. Aerosol

Adalah benda berukuran kecil seperti garam. Sulfat, kalsium, nitrat, karbon, dan partikel yang dihasilkan dari gunung berapi.

Karakteristik Udara:

Menurut Triyanto karakteristik udara adalah sebagai berikut: a) Udara mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. b) Volume dapat tidak tetap. c) Berat jenis udara $1,3 \text{ kg/m}^3$. d) Udara tidak berwarna. e) Mudah bergerak. f) Dapat ditekan. g) Dapat berkembang dan menghasilkan tekanan.

Manfaat udara:

1. Pada udara yang terdapat oksigen berguna untuk bernapas.
2. Udara mempengaruhi denyut jantung makhluk hidup
3. Udara yang bersih dapat meningkatkan sistem kekebalan tubuh.
4. Udara dapat menentukan kualitas iklim, cuaca, musim pada suatu tempat.
5. Udara dapat bermanfaat untuk berkomunikasi menghantarkan gelombang suara dan gelombang radio.
6. Udara dapat menyebarkan spora pada tumbuhan tertentu.
7. Udara dapat berguna untuk tumbuhan berfotosintesis
8. Udara melindungi bumi dari benda-benda ruang angkasa.

Komponen penyusun udara:

1. Helium adalah unsur kimia yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa, tidak beracun, hampir inert, gas monatomic, dan merupakan unsur pertama dalam golongan gas mulia dan tabel periodik. Helium adalah unsur kedua terbanyak dan kedua

teringan sejagad raya, mencakup 24% masa keunsuran total alam semesta dan 12 kali jmlah massa keseluruhan unsur berat lainnya.

2. Nitrogen adalah unsur kimia dalam tabel periodic yang memiliki nomor atom 7. Biasanya ditemukan dalam sebuah gas tanpa warna, tanpa bau, tanpa rasa dan merupakan gas diatomic bukan golongan stabil, sangat sulit bereaksi dengan unsur atau senyawa lainnya. Dinamakan zat lemas karena zait ini malas, tidak aktif bereaksi dengan unsur lainnya. Nitrogen mengisi 78,08% atmosfer bumi dan terdapat dalam jaringan hidup.
3. Oksigen adalah unsur kimia dalam sistem periodic unsur yang mempunyai lambang O dan nomor atom 8. Merupakan unsur dengan golongan krogen dan dapat dengan mudah bereaksi dengan hampir semua unsur lainnya. Pada temperatur standar dua atom ini saling berikatan menjadi oksigen yaitu senyawa gas diatomik oksigen tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau. Oksigen merupakan unsur paling melimpah ketiga di alam semesta berdasarkan massa dan unsur paling melimpah di kerak bumi. Gas oksigen diatomic 20,9% volume atmosfer bumi.
4. Karbon dioksida atau zat asam arang adalah sejenis senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. Berbentuk gas pada keadaan temperature dan tekanan standard an hadir di atmosfer bumi. Rata-rata konsentrasi karbon diokasida di atmosfer bumi kira-kira 387 ppm berdasarkan volume. Karbon dioksida adalah gas rumah kaca yang penting karena menyerap gelombang infra merah dengan kuat.
5. Argon adalah unsur kimia dalam tabel periodic unsur yang memiliki nomor atom 18. Gas mulia ke-13, argon membentuk 1% dari atmosfer bumi.

6. Karbon monoksida merupakan gas yang sangat berbahaya tidak berwarna dan tidak berbau, gas ini bereaksi dengan hemoglobin darah dan membentuk carboxy hemoglobin. Akibatnya fungsi hemoglobin membawa oksigen ke sel-sel tubuh terhalangi sehingga terjadi gejala keracunan, sesak napas, dan penderita pucat.
7. Gas lain dalam udara seperti Krypton, Neon, atau Xenon yang merupakan gas-gas yang sulit bereaksi dengan unsur-unsur lain. Gas ini sering digunakan untuk pengisi balon.

Jenis-jenis udara:

1. Udara bersih adalah udara yang mengandung beberapa macam gas dengan komposisi yang normal. Contohnya gas oksigen merupakan hal yang esensial untuk makhluk hidup termasuk manusia. Ciri-ciri udara bersih : tidak berwarna, tidak berbau, terasa segar, ringan sangat dihirup, dan lain-lain.
2. Udara kotor adalah udara yang sudah terpapar dengan gas-gas yang berbahaya. Ciri-cirinya: berbau, berwarna (seperti pada asap kendaraan bermotor).¹⁰⁶

Pencemaran Udara

Pencemaran udara berdasarkan Undang-undang Nomor 23 tahun 1997 pasal ayat 12 mengenai pencemaran lingkungan yaitu pencemaran yang disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pencemaran dari pabrik, kendaraan bermotor, pembakaran sampah, sisa pertanian, dan peristiwa alam kebakaran hutan , letusan gunung api yang mengeluarkan debu, gas, dan

¹⁰⁶ Jaka Prayudha, Ardianto Pranata, and Afdal Al Hafiz, "Implementasi Metode Fuzzy Logic Untuk Sistem Pengukuran Kualitas Udara Di Kota Medan Berbasis Internet of Things (Iot)," *Jurteksi* 4, no. 2 (2018).

awan panas. Pencemaran udara adalah masuknya atau tercampurnya unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfer yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan sehingga menurunkan kualitas lingkungan. hal tersebut berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Sumber pencemaran udara biasanya berasal dari kegiatan yang bersifat alami dan kegiatan antropogenik.¹⁰⁷

Tingkat pencemaran udara menurut WHO:

1. Pencemaran tingkat pertama: yaitu pencemaran yang tidak menimbulkan kerugian bagi manusia.
2. Pencemaran tingkat kedua: yaitu pencemaran yang menimbulkan kerugian bagi manusia seperti terjadinya iritasi pada indra kita.
3. Pencemaran tingkat ketiga: pencemaran yang sudah dapat bereaksi pada faal tubuh dan menyebabkan terjadinya penyakit kronis.
4. Pencemaran tingkat keempat: pencemaran yang menimbulkan sakit akut dan kematian bagi manusia maupun hewan dan tumbuh-tumbuhan.

Dampak Pencemaran Udara:

1. Dampak pencemaran udara pada kesehatan¹⁰⁸
 - a. Menimbulkan penyakit.
 - b. Membuat mata merah dan iritasi
 - c. Gatal dan bersisik
 - d. Iritasi pada saluran pernapasan
 - e. Gangguan pada pernapasan
 - f. Mengganggu tumbuh kembang anak
 - g. Mengurangi jarak pandang
 - h. Penyebab utama terjadinya pemanasan global

¹⁰⁷ Intan Sekar Arum et al., "Pertanggungjawaban Indonesia Terhadap Pencemaran Udara Akibat Kebakaran Hutan Dalam Hukum Internasional," *Justitia Jurnal Hukum* 1, no. 6 (2021).

¹⁰⁸ Jainal Abidin and Ferawati Artauli Hasibuan, "Pengaruh Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya Dari Polusi Udara," *Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Riau IV (SNFUR-4)*, no. September (2019).

2. Dampak pencemaran udara terhadap lingkungan¹⁰⁹
 - a. Hujan asam
 - b. Eutrofikasi
 - c. Haze
 - d. Penipisan ozon
 - e. Perubahan iklim global

B. Teori-Teori Tentang Pengembangan Model

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan penelitian R&D yang terbagi dalam beberapa model yang dapat digunakan. Model yang digunakan sebagai panduan diantaranya sebagai berikut.

1. Borg and Gall

Borg and Gall mengemukakan langkah-langkah penelitian dan pengembangan yang terdiri dari sepuluh langkah penelitian. Dalam setiap tahap merupakan kegiatan yang memiliki target yang ingin dihasilkan. Berikut tahapan dalam model Borg and Gall : potensi masalah, pengumpulan data, desain produk, validasi desain, revisi desain, uji coba produk, uji coba pemakaian, revisi produk, produksi masal.

2. Thiaganjaran

Thiaganjaran mengemukakan langkah-langkah penelitian dan pengembangan yang terdiri dari *define* (tahap definisikan), *design* (tahap perencanaan), *development* (tahap pengembangan), dan *dessimination* (tahap penyebaran).

3. Robert Maribe Branch

Robert Maribe Branch mengembangkan desain pembelajaran dengan model pengembangan ADDIE: *analysis* (analisis), *design* (tahap perencanaan), *development* (tahap pengembangan), *implementation* (implementasi, and *evaluation* (evaluasi).

¹⁰⁹ Hastuti, Widasari, and Prasetyo, "Sistem Pendeteksi Pencemaran Udara Ambien Di Kawasan Lumpur Lapindo Dengan Menggunakan Logika Fuzzy."

4. Richey and Klien

Richey and Klien mengemukakan langkah-langkah penelitian dan pengembangan yang terdiri dari *planning* (perencanaan), *production* (produksi), *evaluation* (evaluasi).



DAFTAR RUJUKAN

- Abidin, Jainal, and Ferawati Artauli Hasibuan. "Pengaruh Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya Dari Polusi Udara." *Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Riau IV (SNFUR-4)*, no. September (2019).
- Afriana, Jaka, Anna Permanasari, and Any Fitriani. "Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Ditinjau Dari Gender." *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA 2*, no. 2 (2016).
- Ariana, Desi, Risya Pramana Situmorang, and Agna Sulis Krave. "Pengembangan Modul Berbasis Discovery Learning Pada Materi Jaringan Tumbuhan Untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains Siswa Kelas Xi Ipa Sma." *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA 11*, no. 1 (2020).
- Artobatama, Irman, Ghullam Hamdu, and Rosarina Giyartini. "Analisis Desain Pembelajaran STEM Berdasarkan Kemampuan 4C Di SD." *Indonesian Journal of Primary Education 4*, no. 1 (2020).
- Arum, Intan Sekar, I Gusti Ayu, Ketut Rachmi, and Fatma Ulfatun Najicha. "Pertanggungjawaban Indonesia Terhadap Pencemaran Udara Akibat Kebakaran Hutan Dalam Hukum Internasional." *Justitia Jurnal Hukum 1*, no. 6 (2021).
- Asmarani, Nadhiifa Eka, Mohammad Arief, and Madziatul Churiyah. "Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik Dengan Menggunakan E-Modul Berbasis 3D Pageflip Professional Dengan Model Discovery Learning (A Useful Learning E-Modul Based 3D Pageflip Professional with Use Discovery Learning Model)." *Jurnal Ekonomi, Bisnis Dan Pendidikan 1*, no. 1 (2021).
- Aswirna, Prima, Duski Samad, Indri Saputri Devi, Reza Fahmi, and Raudhatul Jannah. "STEM-Based E-Module Integrated Local Wisdom of Rice Stem Fertilizers on Students' Critical and Creative Thinking." *Al-Ta Lim Journal 29*, no. 1 (2022).
- Asyhari, Ardian, and Helda Silvia. "Pengembangan Media Pembelajaran Berupa Buletin Dalam Bentuk Buku Saku Untuk Pembelajaran IPA Terpadu." *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni 5*, no. 1 (2016).
- Bangun, Girik Jean Fery Yani, Mustika Wati, and Sarah Miriam. "Pengembangan Modul Fisika Menggunakan Model Inkuiri

- Terbimbing Untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains Dan Sikap Sosial Peserta Didik.” *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika* 3, no. 2 (2019).
- Damayanti, Cristian, Ani Rusilowati, and Suharto Linuwih. “Pengembangan Model Pembelajaran IPA Terintegrasi Etnosains.” *Journal of Innovative Science Education* 6, no. 1 (2017).
- Dewi, Mellya, Ida Kaniawati, and Irma Rahma Suwarma. “Penerapan Pembelajaran Fisika Menggunakan Pendekatan STEM.” *Quantum: Seminar Nasional Fisika, Dan Pendidikan Fisika* 0, no. 0 (2018).
- Dewi, N, and D Laksmi. “Hubungan Perilaku Higienitas Diri Dan Sanitasi Sekolah Dengan Infeksi Soil-Transmitted Helminths Pada Siswa Kelas III-VI Sekolah Dasar Negeri No. 5 Delod ” *E-Jurnal Medika*. ojs.unud.ac.id, 2017.
- Diani, Rahma, Yuli Yanti, Niken Sri Hartati, Dwi Fujiani, Ida Faridatul Hasanah, and Alamsyah. “Islamic Literacy-Based Physics E-Module with STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Approach.” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1796, no. 1 (2021).
- Diani, Rahma, Yuberti Yuberti, and Muhammad Ridho Syarlisjswan. “Web-Enhanced Course Based on Problem-Based Learning (PBL): Development of Interactive Learning Media for Basic Physics II.” *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni* 7, no. 1 (2018).
- Eka Putri, Renny, and Andasuryani Andasuryani. “Studi Mutu Briket Arang Dengan Bahan Baku Limbah Biomassa.” *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas* 21, no. 2 (2017).
- Erlangga, Y. S. Dkk. “Pengembangan E-Modul Fisika Materi Gelombang Dan Bunyi Berbasis Local Wisdom Alat Musik Gamelan Pada Mata Kuliah Fisika Dasar.” *Jurnal Pendidikan Fisika* 9, no. 1 (2022).
- Fadhila, M F, N E Wahyuningsih, and Y H Darundiati “Hubungan Higiene Sanitasi Dengan Kualitas Bakteriologis Pada Alat Makan Pedagang Di Wilayah Sekitar Kampus Undip Tembalang.” *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 2017.
- Fikrina, Qorry Adilla, Sudarmin Sudarmin, and Sigit Priatmoko. “Pengembangan E -LKPD Keseimbangan Kuantitatif Asam Basa Terintegrasi PjBL Etno-STEAM Batik Untuk Meningkatkan Literasi Numerasi Dan Karakter Konservasi Siswa,” 2022.
- Firdanis, Dewi, Nadiyah Rahmasari, Eqia Arum Azzahro, Nadya Reza

- Palupi, Pramudya Santoso Aji, Desi Natalia Marpaung, and Ayik Mirayanti Mandagi. "Observasi Sarana Terminal Brawijaya Banyuwangi Melalui Assessment Indikator Sanitasi Lingkungan Tahun 2019." *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan* 14, no. 2 (2021).
- Firdausy, B. A., and Z. K. Prasetyo. "Improving Scientific Literacy through an Interactive E-Book: A Literature Review." *Journal of Physics: Conference Series* 1440, no. 1 (2020).
- Fitriani, Dini, Ida Kaniawati, and Irma Rahma Suwarma. "Pengaruh Pembelajaran Berbasis Stem (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Pada Konsep Tekanan Hidrostatik Terhadap Causal Reasoning Siswa Smp" VI (2017).
- Hakim, A R, L B Wadu, D D Chrisyarani, D Safitri, and M N Hudha. "Plants and Their Functions' e-Module Based on Flip Book." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1098, no. 3 (2021).
- Handayani, Elfa Sari, Yuberti, Antomi Saregar, and Yunita Wildaniati. "Development of STEM-Integrated Physics e-Module to Train Critical Thinking Skills: The Perspective of Preservice Teachers." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1796, no. 1 (2021).
- Haryanto, A., Sunaryo, and C. E. Rustana. "Development of E-Module with a Scientific Approach to Improve the Student's Critical Thinking Skills at Class XI Student High School in Optical Tools Material." *Journal of Physics: Conference Series* 2019.
- Hastuti, Reza, Edita Rosana Widasari, and Barlian Henryranu Prasetyo. "Sistem Pendeteksi Pencemaran Udara Ambien Di Kawasan Lumpur Lapindo Dengan Menggunakan Logika Fuzzy." *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer* 1, no. 5 (2017).
- Herawati, Nita Sunarya, and Ali Muhtadi. "Pengembangan Modul Elektronik (e-Modul) Interaktif Pada Mata Pelajaran Kimia Kelas XI SMA." *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan* 5, no. 2 (2018).
- Herianto, and I. Wilujeng. "Students and Teachers' Necessity toward Science Interactive Multimedia e-Books Based on Local Potential of Gamelan to Increase Students' Curiosity." *Journal of Physics: Conference Series* 1440, no. 1 (2020).
- Idrus, Syarifah Wahidah Al. "Implementasi STEM Terintegrasi Etnosains (Etno-STEM) Di Indonesia: Tinjauan Meta Analisis." *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan* 7, no. 4 (2022).

- Ihsani, I, and M B Santoso. "Edukasi Sanitasi Lingkungan Dengan Menerapkan Perilaku Hidup Bersih Dan Sehat (Phbs) Pada Kelompok Usia Prasekolah Di Taman Asuh Anak Muslim Ar-Ridho Tasikmalaya" *Prosiding Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*. scholar.archive.org, 2020.
- Ihsani, Intania, and Meilanny Budiarti Santoso. "Edukasi Sanitasi Lingkungan Dengan Menerapkan Perilaku Hidup Bersih Dan Sehat (Phbs) Pada Kelompok Usia Prasekolah Di Taman Asuh Anak Muslim Ar-Ridho Tasikmalaya." *Prosiding Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat* 6, no. 3 (2020).
- Inayah, R, P Aswirna, and A Asrar. "Pengembangan E-Modul Berbasis Etno-Stem Berbantuan Canva Terintegrasi Gordang Sambilan Terhadap Keterampilan Komunikasi Peserta Didik" *Journal Cerdas Mahasiswa*, 2022.
- Irwandani, Irwandani, Sri Latifah, Ardian Asyhari, Muzannur Muzannur, and Widayanti Widayanti. "Modul Digital Interaktif Berbasis Articulate Studio'13: Pengembangan Pada Materi Gerak Melingkar Kelas X." *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni* 6, no. 2 (2017).
- Isnaniah Nur., Masniah. "Pembelajaran Fisika Berbasis Etno-STEM Melalui Permainan Tradisional Kalimantan Selatan." *Alkawnu: Science and local wisdom journal* 02, no. 01 (2022).
- Khoiri, Ahmad, and Widha Sunarno. "Pendekatan Etnosains Dalam Tinjauan Fisafat." *SPEKTRA : Jurnal Kajian Pendidikan Sains* 4, no. 2 (2018).
- Kiswanto, H. *Fisika Lingkungan: Memahami Alam Dengan Fisika*. Syiah Kuala University Press, 2022.
- Komikesari, H., M. Mutoharoh, P. S. Dewi, G. N. Utami, W. Anggraini, and E. F. Himmah. "Development of E-Module Using Flip Pdf Professional on Temperature and Heat Material." *Journal of Physics: Conference Series* 1572, no. 1 (2020).
- Krajcik, Joseph, and Ibrahim Delen. "How to Support Learners in Developing Usable and Lasting Knowledge of STEM." *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology* 5, no. 1 (2016).
- Kurniati, Rika Dwi, Doni Andra, and I. Wayan Distrik. "E-Module Development Based on PBL Integrated STEM Assisted by Social Media to Improve Critical Thinking Skill: A Preliminary Study." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1796, no. 1 (2021).
- Kurniawan, Augusta. "Pengukuran Parameter Kualitas Udara (Co, No2, So2, O3 Dan Pm10) Di Bukit Kototabang Berbasis Ispu." *Jurnal*

- Teknosains* 7, no. 1 (2018).
- Kurniawan, Rudi, and Syafriani. "The Validity of E-Module Based on Guided Inquiry Integrated Ethnoscience in High School Physics Learning to Improve Students' Critical Thinking." *Journal of Physics: Conference Series* 1876, no. 1 (2021).
- Kusumanti, Ima, Hanna Maria Sitindaon, Fiha Nurfatharani, and Anisa Istiqomah. "Peningkatan Implementasi Sanitasi Lingkungan Melalui Pelatihan Bagi Siswa Sekolah Dasar Di Bogor." *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat* 7, no. 1 (2021).
- KUSUMAWARDANI, N A. *Hubungan Sanitasi Lingkungan Dengan Kejadian Infeksi Soil Transmitted Helminths (STH) Pada Anak Sekolah Dasar Di Kabupaten Jember*. repository.unej.ac.id, 2018.
- Laili, Ismi, Ganefri, and Usmeldi. "Efektivitas Pengembangan E-Modul Project Based Learning Pada Mata Pelajaran Instalasi Motor Listrik." *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dan Pembelajaran* 3, no. 3 (2019).
- Linda, Roza, Mas'Ud, Zulfarina, and Teja Pratama Putra. "Interactive E-Module of Integrated Science with Connected Type as Learning Supplement on Energy Topic." *Journal of Physics: Conference Series* 2049, no. 1 (2021).
- Mustari, Mukarramah, and Yunita Sari. "Pengembangan Media Gambar Berupa Buku Saku Fisika SMP Pokok Bahasan Suhu Dan Kalor." *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni* 6, no. 1 (April 29, 2017).
- Najuah, Pristi Suhendro Lukitoyo, and Winna Wirianti. *Modul Elektronik: Prosedur Penyusunan Dan Aplikasinya*. Yayasan Kita Menulis, 2020.
- Nisa, Arifatun, Sudarmin, and Samini. "Efektivitas Penggunaan Modul Terintegrasi Etnosains Dalam Pembelajaran Berbasis Masalah Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa." *USEJ - Unnes Science Education Journal* 4, no. 3 (2015).
- Novitasari, Linda, Puput Astya Agustina, Ria Sukesti, Muhammad Faizal Nazri, and Jeffry Handhika. "Fisika, Etnosains, Dan Kearifan Lokal Dalam Pembelajaran Sains." *Seminar Nasional Pendidikan Fisika III 2017*, 2017.
- Nurchayani, Dwi, Yuberti, Irwandani, Henita Rahmayanti, Ilmi Zajuli Ichsan, and Md Mehadi Rahman. "Ethnoscience Learning on Science Literacy of Physics Material to Support Environment: A Meta-Analysis Research." *Journal of Physics: Conference Series* 1796, no. 1 (2021).

- Nurhasnah, N, Minda Azhar, Y Yohandri, and Fitri Arsih. "Etno-STEM Dalam Pembelajaran IPA : A Systematic Literature Review In Science Learning In Indonesia: A Systematic Literature Review." *Jurnal Teknologi Pendidikan* 10, no. 2 (2022).
- Pahrudin, Agus, Misbah, Gita Alisia, Antomi Saregar, Ardian Asyhari, Adyt Anugrah, and Nur Endah Susilowati. "The Effectiveness of Science, Technology, Engineering, and Mathematics-Inquiry Learning for 15-16 Years Old Students Based on K-13 Indonesian Curriculum: The Impact on the Critical Thinking Skills." *European Journal of Educational Research* 10, no. 2 (2021).
- Parmin, Parmin, Antomi Saregar, Utama Alan Deta, and R. Ahmad Zaky El Islami. "Indonesian Science Teachers' Views on Attitude, Knowledge, and Application of STEM." *Journal for the Education of Gifted Young Scientists* 8, no. 1 (2020).
- Prasetya, I Gede Agus Saka, I Made Agus Wirawan, and I Gede Partha Sindu. "Pengembangan E-Modul Pada Mata Pelajaran Pemodelan Perangkat Lunak Kelas Xi Dengan Model Problem Based Learning Di Smk Negeri 2 Tabanan." *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan* 14, no. 1 (2017).
- Prayudha, Jaka, Ardianto Pranata, and Afdal Al Hafiz. "Implementasi Metode Fuzzy Logic Untuk Sistem Pengukuran Kualitas Udara Di Kota Medan Berbasis Internet of Things (Iot)." *Jurteks* 4, no. 2 (2018).
- Priyani, Niken Eka, and Nawawi Nawawi. "Pembelajaran Ipa Berbasis Ethno-Stem Berbantu Mikroskop Digital Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Di Sekolah Perbatasan." *WASIS : Jurnal Ilmiah Pendidikan* 1, no. 2 (2020).
- Puspasari, Afrin, Indah Susilowati, Lilis Kurniawati, Resiana Ridha Utami, Indra Gunawan, and Ika Candra Sayekti. "Implementasi Etnosains Dalam Pembelajaran IPA Di SD Muhammadiyah Alam Surya Mentari Surakarta." *SEJ (Science Education Journal)* 3, no. 1 (2019).
- Puspitasari, Anggraini Diah. "Penerapan Media Pembelajaran Fisika Menggunakan Modul Cetak Dan Modul Elektronik Pada Siswa SMA." *Jurnal Pendidikan Fisika* 7, no. 1 (2019).
- Putra, A D P, M Rahardjo, and T Joko. "Hubungan Sanitasi Dasar Dan Personal Hygiene Dengan Kejadian Diare Pada Balita Di Wilayah Kerja Puskesmas Tasikmadu Kabupaten Karanganyar." *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 2017.
- Putra, Febrianto, Ika Yunita Nur Kholifah, Bambang Subali, and Ani

- Rusilowati. "5E-Learning Cycle Strategy: Increasing Conceptual Understanding and Learning Motivation." *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni* 7, no. 2 (2018).
- Rahmawati, Irma, Nada Nisrina, and M Rezalul Abdani. "Multi-Representation-Based Interactive Physics Electronic Module as Teaching Materials in Online Learning." *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni* 11, no. 1 (2022).
- Raihan, Siti, Haryono, and Farid Ahmadi. "Development of Scientific Learning E-Book Using 3D Pageflip Professional Program." *Innovative Journal Of Curriculum and Educational Technology* 7, no. 1 (2018).
- Ricu Sidiq, and Najuah. "Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis Android Pada Mata Kuliah Strategi Belajar Mengajar." *Jurnal Pendidikan Sejarah* 9, no. 1 (2020).
- Rindaryati, Nurwahyu. "E-Modul Counter Berbasis Flip Pdf Pada Mata Pelajaran Penerapan Rangkaian Elektronika." *Jurnal Imiah Pendidikan Dan Pembelajaran* 5, no. 2 (2021).
- Risnawati, A A. "Pembelajaran Ethno-STEM Berbantu Google Classroom Untuk Meningkatkan Kemampuan Berfikir Kreatif Siswa." *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana*, 2020.
- Rizki, Selly Kurnia, Anak Agung Oka, and Triana Asih. "Pengembangan Modul Pembelajaran Biologi Berbasis Problem Based Learning Terintegrasi Nilai-Nilai Karakter Pada Materi Sistem Pencernaan Manusia Kelas XI SMA Negeri 5 Metro." *Bioedukasi*, 2020.
- Rosidi, A, E Handarsari, and M Mahmudah. "Hubungan Kebiasaan Cuci Tangan Dan Sanitasi Makanan Dengan Kejadian Diare Pada Anak SD Negeri Podo 2 Kecamatan Kedungwuni Kabupaten Pekalongan." *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 2020.
- Said, Yuvita Cornelya, Nurhayati, and Deni Kurniawan. "Pengaruh Pengetahuan Tentang Sanitasi Lingkungan Terhadap Kualitas Kesehatan Lingkungan Rumah Di Kebayoran Lama Utara." *Jurnal TechLINK Vol* 4, no. 2 (2020).
- Sari, Mutia Nanda, Muhammad Daud, and Faradhillah. "Pengembangan E-Modul Fluida Untuk Pemahaman Konsep Siswa Menggunakan Aplikasi Flip Pdf Professional." *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika* 8, no. 1 (2022).
- Sartika, Septi Budi, Nur Efendi, and Fitria Eka Wulandari. "Efektivitas Pembelajaran IPA Berbasis Etno-STEM Dalam Melatihkan Keterampilan Berpikir Analisis." *Jurnal Dimensi Pendidikan Dan Pembelajaran* 10, no. 1 (2022).

- Setyowatiningsih, L, and S Surati. "Hubungan Higiene Sanitasi Dengan Kejadian Infeksi Soil Transmitted Helminths Pada Pemulung Di TPS Jatibarang." *Jurnal Riset Kesehatan*, 2017.
- Sirwan, Kamal, and Nurkhamid. "Developing E-Module Based on Mobile Learning as a Preparation Media." *Journal of Physics: Conference Series* 1833, no. 1 (2021).
- Sudarmin, W. Sumarni, S. Mursiti, and S. S. Sumarti. "Students' Innovative and Creative Thinking Skill Profile in Designing Chemical Batik after Experiencing Ethnoscience Integrated Science Technology Engineering Mathematic Integrated Ethnoscience (Ethno-Stem) Learnings." *Journal of Physics: Conference Series* 1567, no. 2 (2020).
- Sulistyaningkartti, Lilih, and Budi Utami. "Making Charcoal Briquettes from Corncobs Organic Waste Using Variation of Type and Percentage of Adhesives." *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)* 2, no. 1 (2017).
- Sumarni, Woro, Sudarmin Sudarmin, Sri Susilogati Sumarti, and Sri Kadarwati. *Indigenous Knowledge of Indonesian Traditional Medicines in Science Teaching and Learning Using a Science–Technology–Engineering–Mathematics (STEM) Approach. Cultural Studies of Science Education*. Vol. 17. Springer Netherlands, 2022.
- Syarlisjiswan, Muhammad Ridho, Sukarmin, and Daru Wahyuningsih. "The Development of E-Modules Using Kodular Software with Problem-Based Learning Models in Momentum and Impulse Material." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1796, no. 1 (2021).
- Tresnawati, N., I. Saleh, Sudarmin, and S. Wardani. "Science Batik Ciwaringin: The Implementation of Ethno-STEM PjBL Model in Learning Biotechnology at PGSD Students." *Journal of Physics: Conference Series* 1842, no. 1 (2021).
- Triwahyuningtyas, D, and I K Suastika. "Electronic Module of Geometry Based on Inquiry." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1098, no. 3 (2021).
- Tuan Soh, Tuan Mastura, Nurazidawati Mohamad Arsada, and Kamisah Osman. "The Relationship of 21st Century Skills on Students' Attitude and Perception towards Physics." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 7, no. 2 (2010).
- Wahyu, Yuliana. "Pembelajaran Berbasis Etnosains Di Sekolah Dasar." *Jurnal Inovasi Pendidikan Dasar* 1, no. 2 (2017).
- Widayanti, A. Abdurrahman, and A. Suyatna. "Future Physics Learning Materials Based on STEM Education: Analysis of

- Teachers and Students Perceptions.” *Journal of Physics: Conference Series* 1155, no. 1 (2019).
- Widiyanto, Retno, Kartini Herlina, and Doni Andra. “The Need Analysis of Using Physic E-Module Based PjBL- Integrated STEM: The Preliminary Study Research as a Solution to Improve Problem-Solving Skills on Light Refraction Material.” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1796, no. 1 (2021).
- Widodo, Apri, and Yusman Wiyatmo. “Pengembangan Media Pembelajaran Buku Saku Digital Berbasis Android Untuk Meningkatkan Minat Dan Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas Xi Sma N 1 Jetis Pada Materi Pokok Keseimbangan Benda Tegar Pocket Book Learning Media Development Based on Digital An.” *Jurnal Pendidikan Fisika* 6 (2017).
- Yuberti, Yuberti, Happy Komikesari, and Maesaroh Lubis. “Developing STEM-Based Interactive E-Books to Improve Students’ Science Literacy.” *Tadris: Jurnal Keguruan Dan Ilmu Tarbiyah* 7, no. 1 (2022).
- Yulkifli, Yulkifli, Yohandri Yohandri, and Hasbi Azis. “Development of Physics E-Module Based on Integrated Project-Based Learning Model with Ethno-STEM Approach on Smartphones for Senior High School Students.” *Momentum: Physics Education Journal* 6, no. 1 (2022).
- Zainal Abidin, and Sikky El Walida. “Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis Case (Creative , Active ,Systematic, Effective) Sebagai Alternatif Media Pembelajaran Geometri Transpormasi Untuk Mendukung Kemandirian Belajar Dan Kompetensi Mahasiswa.” *Seminar Nasional Matematika Dan Aplikasinya Di Universitas Airlangga Surabaya*, 2017.
- Zairinayati, Z, and R Purnama. “Hubungan Hygiene Dan Sanitasi Lingkungan Dengan Kejadian Stunting Pada Balita.” *Babul Ilmi Jurnal Ilmiah Multi Science Kesehatan*, 2019.