

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN SIMULASI  
INTERAKTIF BERBASIS STEM BERBANTUAN MEMBRAN  
*NANOFIBER* PADA MATERI IPA PENCEMARAN  
LINGKUNGAN UNTUK SISWA SMP**

**SKRIPSI**

Oleh

**Rochmatus Syahdillah**

**NIM : 06111282126033**

**Program Studi Pendidikan Fisika**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2025**

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN SIMULASI  
INTERAKTIF BERBASIS STEM BERBANTUAN MEMBRAN  
NANOFIBER PADA MATERI IPA PENCEMARAN  
LINGKUNGAN UNTUK SISWA SMP**

**SKRIPSI**

oleh

**Rochmatus Syahdillah**

**NIM. 06111282126033**

**Program Studi Pendidikan Fisika**

**Mengesahkan**

Indralaya, Maret 2025

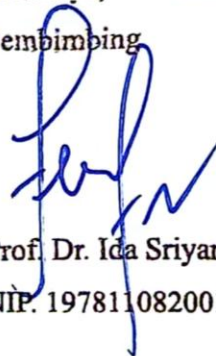
Koordinator Program Studi



Saparini, S.Pd., M.Pd.

NIP. 198610052015042002

Pembimbing



Prof. Dr. Ida Sriyanti, S.Pd., M.Si

NIP. 197811082001122002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Pendidikan MIPA



## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rochmatus Syahdillah

NIM : 06111282126033

Program Studi : Pendidikan Fisika

Menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang berjudul adalah **“Pengembangan Media Pembelajaran Simulasi Interaktif Berbasis STEM Berbantuan Membran *Nanofiber* Pada Materi IPA Pencemaran Lingkungan untuk Siswa SMP”** ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 17 tahun 2010 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi. Apabila di kemudian hari, ada pelanggaran yang ditemukan dalam skripsi ini dan/atau ada pengaduan dari pihak lain terhadap keaslian karya ini, saya bersedia menanggulangi sanksi yang dijatuhkan kepada saya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sungguh-sungguh tanpa pemaksaan dari pihak manapun.

Indralaya, 12 Maret 2025

Yang membuat pernyataan,

A 20,000 Rupiah Indonesian postage stamp featuring the Garuda Pancasila emblem and a signature. The stamp includes the text 'SERIBU RIBU RUPIAH', 'TEL. 20', 'METRAI TEMPEK', and the serial number 'BF5A0AMX18360824'.

Rochmatus Syahdillah

NIM. 06111282126033

## PRAKATA

Alhamdulillah. Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta kekuatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi yang berjudul **“Pengembangan Media Pembelajaran Simulasi Interaktif Berbasis STEM Berbantuan Membran Nanofiber Pada Materi IPA Pencemaran Lingkungan untuk Siswa SMP”**, disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sriwijaya.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak bantuan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak yang telah membantu hingga skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dengan penuh cinta, kedua orang tua penulis, Papa H. Alamsyah, S.Ag dan Mama Eliza Yuli. Tiada kata yang mampu menggambarkan betapa besar rasa terima kasih dan cinta penulis kepada Papa dan Mama. Terima kasih atas pengorbanan tanpa lelah serta do‘a yang senantiasa menyertai di setiap langkah hingga akhirnya anakmu ini dapat menyelesaikan pendidikan dan meraih Gelar Sarjana. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan dalam setiap langkah hidup Papa dan Mama.
2. Kepada saudara/i penulis, M. Syafa Arrosyid dan Qissya Nuril Izza. Kehadiran dan semangat kalian menjadi penyemangat tersendiri bagi penulis.
3. Kepada Bapak Dr. Hartono, M.A., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sriwijaya. Kepada Bapak Dr. Ketang Wiyono, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Jurusan MIPA. Kepada Ibu Saparini, S.Pd., M.Pd., selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Fisika, serta seluruh staf administrasi Program Studi yang telah membantu dalam proses administrasi dan surat-menyerurat selama penyusunan skripsi ini
4. Kepada Prof. Dr. Ida Sriyanti, S.Pd., M.Si, selaku dosen pembimbing yang sangat penulis hormati. Terima kasih atas bimbingan, arahan, serta kesabaran dalam membimbing penulis sejak awal hingga skripsi ini terselesaikan dengan

sebaik-baiknya. Semua ilmu dan nasihat yang diberikan sangat berarti bagi penulis. Semoga ilmu yang telah diberikan menjadi amal jariyah yang tak terputus.

5. Kepada Bapak Dr. Ketang Wiyono, S.Pd., M.Pd., selaku dosen *reviewer* serta dosen penguji. Terima kasih atas waktu, saran, serta masukan yang sangat berharga demi kesempurnaan skripsi ini.
6. Kepada Bapak/Ibu dosen Program Studi Pendidikan Fisika yang penulis hormati. Terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama masa perkuliahan dan akan menjadi bekal berharga dalam perjalanan dan kehidupan penulis kedepannya.
7. Kepada sahabat-sahabatku, Hanisa Feranti, Rahma Putria Anjani, Peni, Aulia' Az-zahra Ramadini, serta seluruh teman-teman angkatan 2021. Terima kasih telah hadir, membantu dan berjalan bersama dari awal hingga akhir.
8. Kepada teman seperbimbingan, Zahra Nabilla, Siti Aisyah dan Ahlun Haqqi. Terima kasih telah berbagi suka dan duka selama proses penyusunan skripsi ini, sehingga perjalanan panjang yang penuh tantangan ini terasa lebih ringan.
9. Terakhir, untuk diri penulis sendiri, Rochmatus Syahdillah. Tak pernah terbayangkan bahwa penulis dapat menyelesaikan perkuliahan ini. Masih teringat jelas keputusasaan yang dirasakan saat pertama kali menginjakkan kaki di Program Studi ini. Terima kasih karena terus berusaha dan melangkah meskipun jalan terasa berat.

Akhir kata, semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembelajaran di bidang Pendidikan Fisika serta berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan seni.

Indralaya, 12 Maret 2025



Rochmatus Syahdillah

**DAFTAR ISI**

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Manfaat Penelitian .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>8</b>
2.1 Media Pembelajaran .....	8
2.1.1 Pengertian Media Pembelajaran .....	8
2.1.2 Jenis-jenis Media Pembelajaran .....	9
2.1.3 Fungsi Media Pembelajaran .....	10
2.2 Simulasi Interaktif .....	10
2.3 <i>Articulate Storyline 3</i> .....	11
2.3.1 Pengenalan <i>Articulate Storyline 3</i> .....	11
2.3.2 Fitur Utama <i>Articulate Storyline 3</i> .....	12
2.4 STEM ( <i>Science, Technology, Engineering, and Mathematics</i> ) .....	13
2.5 Membran <i>Nanofiber</i> untuk Aplikasi Filtrasi .....	15
2.5.1 Pengertian Membran <i>Nanofiber</i> .....	15
2.5.2 Sifat-Sifat Utama Membran <i>Nanofiber</i> .....	16

2.5.3 Teknologi Pembuatan Membran <i>Nanofiber</i> .....	17
2.5.3.1 Metode Produksi <i>Electrospinning</i> .....	17
2.5.3.2 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) .....	19
2.6 Pembelajaran IPA .....	21
2.7 Materi Pencemaran Lingkungan .....	22
2.8 Penelitian Pengembangan .....	25
2.8.1 Pengertian Penelitian Pengembangan .....	25
2.8.2 Model Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif .....	26
2.8.3 Model Pengembangan Produk Alessi & Trollip .....	26
2.9 Penelitian Relevan .....	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1 Metode Penelitian .....	29
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	29
3.3 Fokus Penelitian .....	29
3.4 Subjek Penelitian .....	30
3.5 Alat Bantu Penelitian .....	30
3.6 Prosedur Penelitian .....	30
3.6.1 Tahap Perencanaan ( <i>Planning</i> ) .....	31
3.6.2 Tahap Desain ( <i>Design</i> ) .....	31
3.6.3 Tahap Pengembangan ( <i>Development</i> ) .....	31
3.7 Teknik Pengumpulan Data .....	34
3.7.1 Validasi Produk Media .....	34
3.7.2 Angket Kepraktisan Produk .....	35
3.8 Teknik Analisis Data .....	35
3.8.1 Analisis Data <i>Alpha Test</i> .....	35
3.8.2 Analisis Data <i>Beta test</i> .....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>38</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	38
4.1.1 Tahap Perencanaan ( <i>Planning</i> ) .....	38

4.1.1.1 Analisis Kebutuhan .....	38
4.1.1.2 Analisis Kondisi Pembelajaran .....	39
4.1.1.3 Menentukan dan Mengumpulkan Sumber Daya .....	40
4.1.2 Tahap Desain ( <i>Design</i> ) .....	42
4.1.2.1 Membuat <i>Flowchart</i> .....	42
4.1.2.2 Membuat <i>Storyboard</i> .....	43
4.1.3 Tahap Pengembangan ( <i>Development</i> ) .....	44
4.1.3.1 Membuat Media Pembelajaran Simulasi Interaktif .....	46
4.1.3.2 <i>Apha Test</i> .....	51
4.1.3.3 Hasil Analisis Data <i>Alpha Test</i> .....	52
4.1.3.4 Revisi Produk Awal .....	56
4.1.3.5 Uji Coba Produk Tahap <i>Beta test</i> .....	60
4.2 Pembahasan .....	65
4.3 Kelebihan dan Kekurangan .....	69
4.3.1 Kelebihan .....	69
4.3.2 Kekurangan .....	70
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>71</b>
5.1 Kesimpulan .....	71
5.2 Saran .....	71
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>72</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b> Phet <i>Simulations</i> .....	11
<b>Gambar 2.2.</b> Tampilan Awal <i>Articulate Storyline 3</i> .....	12
<b>Gambar 2.3.</b> Fitur Utama <i>Articulate Storyline 3</i> .....	13
<b>Gambar 2.4.</b> Produksi <i>Nanofiber</i> Menggunakan Metode <i>Electrospinning</i> .....	18
<b>Gambar 2.5.</b> Diagram Skematis Dari Peralatan <i>Electrospinning</i> yang digunakan dalam Eksperimen .....	19
<b>Gambar 2.6.</b> Foto Optik Membran <i>Nanofiber</i> .....	20
<b>Gambar 2.7.</b> Morfologi dan Distribusi <i>Nanofiber</i> Komposit .....	21
<b>Gambar 2.8.</b> Langkah-Langkah Pengembangan Model Alessi & Trollip .....	27
<b>Gambar 3.1.</b> Alur Penelitian Pengembangan Alessi & Trollip .....	33
<b>Gambar 4.1.</b> <i>Flowchart</i> Media Pembelajaran Simulasi Interaktif .....	42
<b>Gambar 4.2.</b> Proses Pembuatan Video Menggunakan Canva .....	49
<b>Gambar 4.3.</b> Proses Pembuatan Simulasi Interaktif .....	50
<b>Gambar 4.4.</b> Hasil Keseluruhan <i>Slide</i> Pengembangan Produk .....	50
<b>Gambar 4.5.</b> Tampilan Aplikasi Saat Diakses Menggunakan Perangkat .....	51
<b>Gambar 4.6</b> QR <i>code</i> Produk Akhir Pengembangan <i>Eco Simulation</i> .....	65

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b> Definisi Literasi STEM .....	14
<b>Tabel 2.2.</b> Analisis Komponen STEM Pada Materi Pencemaran Lingkungan ....	23
<b>Tabel 3.1.</b> Kisi-Kisi Validasi Ahli ( <i>Alpha Test</i> ) .....	34
<b>Tabel 3.2.</b> Kisi-kisi Angket untuk Siswa ( <i>Beta test</i> ) .....	35
<b>Tabel 3.3</b> Kategori Jawaban (Skor) .....	36
<b>Tabel 3.4.</b> Nilai Kritis CVR .....	36
<b>Tabel 4.1.</b> <i>Storyboard</i> Media Pembelajaran Simulasi Interaktif Berbasis STEM Berbantuan Membran <i>Nanofiber</i> .....	43
<b>Tabel 4.2.</b> Analisis STEM Pada Bagian Materi Pencemaran Lingkungan .....	44
<b>Tabel 4.3.</b> Analisis STEM Pada Simulasi Interaktif Pencemaran Lingkungan ...	47
<b>Tabel 4.4.</b> Tampilan <i>Slide</i> Produk .....	48
<b>Tabel 4.5</b> Kategori Jawaban (Skor) .....	52
<b>Tabel 4.6.</b> Hasil Validasi Ahli Materi ( <i>Content</i> ) Terhadap Media Pembelajaran Simulasi Interaktif .....	53
<b>Tabel 4.7.</b> Hasil Validasi Ahli Media Komunikasi Pembelajaran Terhadap Media Pembelajaran Simulasi Interaktif .....	54
<b>Tabel 4.8.</b> Hasil Validasi Tahap <i>Alpha Test</i> .....	55
<b>Tabel 4.9.</b> Komentar dan Saran Ahli Tahap <i>Alpha Test</i> .....	55
<b>Tabel 4.10.</b> Revisi Produk Pengembangan Berdasarkan Komentar dan Saran Pada Tahap <i>Alpha Test</i> .....	57

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran A.</b> Perangkat Penelitian .....	78
<b>Lampiran A.1</b> Produk Pengembangan.....	79
<b>Lampiran B.</b> Instrumen Penelitian .....	86
<b>Lampiran B.1.</b> Kisi-kisi angket analisis kebutuhan .....	87
<b>Lampiran B.2</b> Angket analisis kebutuhan .....	88
<b>Lampiran B.3.</b> Hasil Analisis Kebutuhan .....	92
<b>Lampiran B.4.</b> <i>Alpha Test</i> .....	94
<b>Lampiran B.5.</b> <i>Beta test</i> .....	124
<b>Lampiran C.</b> Administrasi Penelitian .....	139
<b>Lampiran C.1.</b> Usul Judul Penelitian .....	140
<b>Lampiran C.2.</b> SK Pembimbing Skripsi .....	141
<b>Lampiran C.3.</b> SK Izin Penelitian .....	143
<b>Lampiran C.4.</b> SK Izin Penelitian Dinas Pendidikan Ogan Ilir .....	144
<b>Lampiran C.5.</b> Surat Pasca Penelitian di SMP Negeri 6 Indralaya Utara .....	145
<b>Lampiran C.6.</b> Surat Tugas Validator .....	146
<b>Lampiran C.7.</b> Surat Persetujuan Seminar Proposal .....	147
<b>Lampiran C.8.</b> Lembar Bukti Perbaikan Proposal .....	148
<b>Lampiran C.9</b> Lembar Persetujuan Seminar Hasil .....	149
<b>Lampiran C.10</b> Lembar Bukti Perbaikan Makalah Hasil Penelitian .....	150
<b>Lampiran C.11</b> Lembar Telah Melaksanakan Seminar Hasil Penelitian .....	151
<b>Lampiran C.12</b> Buku Bimbingan Skripsi .....	152

<b>Lampiran C.13</b> Bukti Lulus USEPT .....	154
<b>Lampiran C.14</b> Surat Keterangan Bebas Laboratorium .....	155
<b>Lampiran C.15</b> Surat Keterangan Bebas Pustaka Ruang Baca .....	156
<b>Lampiran C.16</b> Lembar Persetujuan Ujian Akhir Program Studi .....	157
<b>Lampiran C.17</b> Surat Keterangan Pengecekan <i>Similarity</i> .....	158
<b>Lampiran C.18</b> Surat Bebas Plagiat .....	159
<b>Lampiran C.19</b> Notulensi Ujian Skripsi .....	160
<b>Lampiran C.20</b> Lembar Bukti Perbaikan Skripsi .....	162
<b>Lampiran D.</b> Dokumentasi Penelitian .....	163
<b>Lampiran D.1.</b> Dokumentasi Analisis Kebutuhan .....	164
<b>Lampiran D.2.</b> Dokumentasi <i>Beta test 1</i> dan <i>Beta test 2</i> .....	164

## ABSTRAK

Penelitian pengembangan ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran simulasi interaktif berbasis STEM berbantuan membran nanofiber pada materi IPA pencemaran lingkungan untuk siswa SMP yang valid dan praktis. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research & Development* dengan model Alessi & Trollip, yang terdiri dari tiga tahapan, yaitu perencanaan (*planning*), desain (*design*), dan pengembangan (*development*). Data dikumpulkan melalui *alpha test*, yang melibatkan validasi oleh ahli materi (*content*) dan ahli media komunikasi pembelajaran, serta *beta test*, yang melibatkan uji coba oleh peserta didik. Hasil *alpha test* menunjukkan bahwa media ini dinyatakan valid, dengan nilai validitas aspek materi (*content*) sebesar 1,00 dan aspek media komunikasi pembelajaran sebesar 1,00. Sementara itu, hasil *beta test* menunjukkan bahwa media ini mudah digunakan, menarik, serta membantu peserta didik memahami materi dengan lebih jelas, sehingga dikategorikan sebagai praktis. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran simulasi interaktif berbasis STEM berbantuan membran nanofiber pada materi IPA pencemaran lingkungan untuk siswa SMP telah dinyatakan valid dan praktis, sehingga dapat diterapkan dalam pembelajaran.

**Kata Kunci:** Simulasi Interaktif, STEM, *Nanofiber*, Pencemaran Lingkungan

## ABSTRACT

*This development research aims to develop a STEM-based interactive simulation learning media assisted by nanofiber membranes on environmental pollution material in science subjects for junior high school students that is valid and practical. The research method used is Research & Development with the Alessi & Trollip model, which consists of three stages: planning, design, and development. Data were collected through an alpha test, which involved validation by subject matter experts (content) and instructional media and communication experts, as well as a beta test, which involved trials conducted by students. The results of the alpha test indicated that the media was deemed valid, with a validity score of 1.00 for the content aspect and 1.00 for the instructional media and communication aspect. Meanwhile, the beta test results showed that the media was easy to use, engaging, and helped students understand the material more clearly, thus categorized as practical. Based on these results, it can be concluded that the STEM-based interactive simulation learning media assisted by nanofiber membranes on environmental pollution material in science subjects for junior high school students has been declared valid and practical, making it suitable for use in learning.*

**Keywords:** *Interactive Simulation, STEM, Nanofiber, Environmental Pollution*

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Dinamika perkembangan abad ke-21, yang ditandai oleh Revolusi Industri 4.0 dan peralihan menuju *Society 5.0*, memiliki keterkaitan erat dengan kemajuan sains dan teknologi di berbagai sektor kehidupan (Susanti dkk., 2022). Pembelajaran abad ke-21 berbasis teknologi tidak hanya berfokus pada penggunaannya semata, tetapi juga mencakup pengembangan keterampilan belajar dan berinovasi, serta menekankan pentingnya literasi informasi, media, dan teknologi digital. Era Revolusi Industri 4.0 ditandai dengan perpaduan antara teknologi otomatisasi, yaitu mesin yang dapat bekerja secara mandiri dengan minim campur tangan manusia, dan teknologi siber, yang mencakup sistem digital serta konektivitas internet. Revolusi ini membawa perubahan besar dengan mengintegrasikan teknologi cerdas ke berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk dunia pendidikan (Effendi & Wahidy, 2019). Dalam dunia pendidikan, teknologi tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu, tetapi juga berperan dalam mengembangkan ilmu pengetahuan. Peserta didik mempelajari fenomena alam dan fakta ilmiah melalui sains, kemudian menerapkan pengetahuan tersebut dalam kehidupan nyata dengan bantuan teknologi (Rahadian, 2017). Penggunaan teknologi dalam pembelajaran memiliki peran yang penting, terutama dalam mempermudah akses terhadap informasi, data, dan sumber belajar yang dibutuhkan oleh pendidik serta peserta didik (Chercules dkk., 2023).

Teknologi dalam pembelajaran berkembang seiring dengan kemajuan teknologi komunikasi dan dimanfaatkan sebagai sarana pendukung dalam proses pengajaran. Penggunaannya berfokus pada metode, konsep, serta alat yang dirancang secara sistematis, logis, dan berbasis ilmiah (Mahyudi, 2023). Pesatnya perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) memberikan dampak yang signifikan pada berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam proses pembelajaran (Mu'minah & Aripin, 2019). Salah satu cara dalam memanfaatkan TIK dalam proses pembelajaran adalah dengan menjadikannya sebagai sumber dan

media belajar yang kreatif serta inovatif bagi peserta didik (Widianto, 2021). Teknologi pendidikan, termasuk penggunaan media pembelajaran, berperan penting dalam mendukung proses belajar mengajar. Dalam kegiatan pembelajaran, guru memanfaatkan media pembelajaran sebagai sarana untuk menjelaskan materi, sehingga peserta didik dapat lebih mudah memahami konsep yang diajarkan (Wulandari dkk., 2023).

Media pembelajaran terdiri dari berbagai alat, baik yang bersifat fisik maupun non-fisik (digital), yang digunakan untuk mendukung proses mengajar agar lebih efektif dan efisien. Melalui pemanfaatan media pembelajaran, peserta didik tidak hanya mendengarkan penjelasan guru, tetapi juga dapat berpartisipasi aktif dalam berbagai kegiatan, seperti mengamati, melakukan eksperimen, mendemonstrasikan konsep, atau berinteraksi langsung dengan materi yang dipelajari (Roma dkk., 2023). Pemilihan media pembelajaran yang tepat berperan penting dalam meningkatkan keterlibatan, motivasi belajar, dan kemampuan kognitif peserta didik. Oleh karena itu, penggunaan media yang sesuai menjadi faktor utama dalam keberhasilan proses pembelajaran di kelas (Isnaini dkk., 2023). Media pembelajaran yang menarik dapat membangkitkan minat belajar peserta didik, sekaligus berperan sebagai sarana pendukung yang membantu kelancaran proses pembelajaran. (Nurrita, 2018). Selain itu, penggunaan presentasi dan simulasi interaktif yang dirancang dengan baik dapat menjadi sarana yang efektif dalam membantu peserta didik memahami materi dengan lebih baik serta mendukung kelancaran proses pembelajaran (Sari, 2019).

Simulasi interaktif merupakan representasi dari suatu peristiwa nyata yang melibatkan interaksi dinamis, partisipasi aktif, serta respons timbal balik. Simulasi interaktif menghadirkan pengalaman praktikum dalam bentuk media digital dengan memanfaatkan animasi dan gambar yang dirancang menyerupai kondisi sebenarnya. Pengembangannya dilakukan dengan mengombinasikan berbagai elemen animasi yang disusun agar tampak realistis dan membantu pemahaman materi secara lebih mendalam (Soprihatin & Haqiqi, 2021). Simulasi interaktif berperan dalam meningkatkan pemahaman dan partisipasi siswa dengan menghadirkan pengalaman belajar yang lebih mendalam. Penerapannya dalam pembelajaran terbukti efektif



dalam mengasah keterampilan berpikir siswa, karena konsep-konsep yang kompleks atau abstrak dapat divisualisasikan dengan lebih nyata, sehingga siswa lebih terlibat dalam pembelajaran (Yahya & Fitriyanto, 2018). Sebagai media pembelajaran, simulasi interaktif perlu diterapkan dengan pendekatan yang tepat, seperti STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) (Ayuni dkk., 2024).

Pendekatan STEM mengintegrasikan *Science, Technology, Engineering, dan Mathematics* dalam proses pembelajaran (Sury dkk., 2022). Menurut Siregar dkk., (2023), pendidikan STEM tidak hanya memperluas pemahaman peserta didik, tetapi juga merangsang pemikiran kritis serta mendorong inovasi dalam proses pembelajaran. Penerapan STEM yang efektif dapat menghasilkan sumber daya manusia yang unggul dalam berbagai bidang, sehingga berkontribusi pada kemajuan dan daya saing bangsa di abad ke-21. Menerapkan pendekatan STEM dalam kurikulum di Indonesia bukanlah tugas yang mudah. Pendidik dituntut untuk memiliki kreativitas dan kompetensi dalam menghubungkan proses pembelajaran dengan aspek-aspek STEM. Oleh karena itu, keberhasilan penerapan STEM diharapkan dapat membekali peserta didik dengan keterampilan yang diperlukan untuk menghadapi tantangan dunia kerja di era modern (Anggraini & Huzaifah, 2017). Pendekatan STEM telah diterapkan secara luas di kelas sebagai bagian dari implementasi kurikulum di Indonesia. Salah satu contohnya adalah pada pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) yang berfokus pada keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran (Muttaqiin, 2023).

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan sekumpulan teori yang tersusun secara sistematis untuk menjelaskan berbagai fenomena alam. Perkembangannya didasarkan pada penerapan metode ilmiah, seperti observasi dan eksperimen, yang tidak hanya memperkuat pemahaman konsep, tetapi juga menanamkan sikap kritis, rasa ingin tahu, keterbukaan, kejujuran, serta tanggung jawab dalam proses pembelajaran (Kasturi dkk., 2022). Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) memiliki peran penting dalam kehidupan manusia, karena setiap individu terus berinteraksi dengan berbagai fenomena alam dalam aktivitas sehari-hari, termasuk proses fisiologis dalam tubuh yang berkaitan dengan prinsip-prinsip IPA. Pemahaman yang baik

terhadap IPA memungkinkan manusia untuk beradaptasi dengan lingkungannya serta mencari solusi atas berbagai permasalahan yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari (Yasa dkk., 2023). Pembelajaran IPA memungkinkan peserta didik memahami lingkungan sekitar dan segala komponennya melalui berbagai aktivitas yang dilakukan dalam proses pembelajaran. (Lusidawaty dkk., 2020).

Dalam proses pembelajaran, banyak peserta didik menganggap Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) sebagai mata pelajaran yang sulit dan mengalami kesulitan dalam menerapkan prinsip-prinsip ilmiah ke dalam pemahaman yang lebih nyata (Baran dkk., 2018). Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan oleh Yunarti (2021) di SMP Negeri 1 Rambang, peserta didik mengalami kendala dalam pembelajaran eksperimen dan menunjukkan perilaku yang kurang mendukung, seperti tidak fokus atau enggan mencoba kegiatan eksperimen dalam kelompok, kurang antusias dalam menyelesaikan tugas, sering berbicara dengan teman, serta merasa kurang percaya diri saat bekerja dalam kelompok. Kendala dalam proses pembelajaran seperti ini dikenal sebagai kesulitan belajar. Salah satu materi IPA yang kerap menjadi tantangan bagi peserta didik adalah pencemaran lingkungan. Materi ini membahas konsep yang kompleks mengenai dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan. Jika tidak disampaikan dengan metode yang tepat, pemahaman peserta didik dapat terhambat, sehingga memperburuk kesulitan belajar mereka.

Materi pencemaran lingkungan termasuk salah satu materi sains (IPA) yang bersifat abstrak dan sering kali sulit dipahami oleh peserta didik. Dalam mempelajari materi ini, peserta didik tidak hanya dituntut untuk menguasai konsep yang disampaikan, tetapi juga harus mampu menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari, terkhusus di lingkungan sekitar (Amalia Nurmasitoh & Rahayu, 2021). Salah satu jenis pencemaran yang menjadi perhatian utama adalah pencemaran air. Kurangnya ketersediaan air bersih dapat berdampak buruk terhadap kesehatan, meningkatkan risiko berbagai penyakit hingga kematian. Salah satu solusi yang dapat digunakan dalam pengolahan air adalah teknologi membran, yang dapat meningkatkan kualitas air yang dihasilkan. Membran berfungsi sebagai penyaring yang dapat memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuknya. Khususnya,

membran berstruktur nano seperti *nanofiber* semakin mendapat perhatian karena potensinya dalam mendukung teknologi pengolahan air (Krisnandika, 2017). Dengan demikian, memahami teknologi *nanofiber* sangatlah penting bagi peserta didik karena memiliki keterkaitan langsung dengan permasalahan pencemaran lingkungan. Teknologi ini berfungsi sebagai penyaring yang efisien dalam menyingkirkan polutan dari udara dan air, sehingga berkontribusi dalam mengurangi tingkat pencemaran lingkungan.

Berbagai penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan pengembangan simulasi interaktif menunjukkan kemajuan pesat dalam pemanfaatan teknologi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di berbagai bidang studi. Misalnya, Arjana & Suastra (2022) berhasil mengembangkan simulasi interaktif berbasis *Geogebra* dan STEM. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Soprihatin & Haqiqi (2021) menghasilkan media pembelajaran simulasi interaktif berbasis *Adobe Flash* yang fokus pada materi suhu dan kalor. Selain itu, Azmi & Ummah (2023) berhasil mengembangkan aplikasi Android berbasis simulasi interaktif berbantuan *MATLAB* untuk pembelajaran matematika di tingkat SMP pasca-pandemi. Penelitian-penelitian ini menunjukkan berbagai inovasi dalam pemanfaatan teknologi guna meningkatkan efektivitas pembelajaran melalui simulasi interaktif.

Telah dilaksanakannya survei awal analisis kebutuhan yang dilakukan terhadap 60 peserta didik kelas VII SMP Negeri 6 Indralaya Utara melalui kuisioner dengan bantuan *google form*. Data yang diperoleh mengungkapkan bahwa 71,7% responden mengalami kesulitan dalam memahami materi IPA, termasuk pencemaran lingkungan. Selain itu, 66,7% responden mengungkapkan bahwa mereka belum pernah menggunakan simulasi interaktif dalam pembelajaran. Namun, setelah diperkenalkan dengan contoh media simulasi interaktif, seperti *PhET* dan aplikasi *SISAMBA Laboratory* serta diberikan penjelasan mengenai konsep simulasi interaktif, sebanyak 88,3% responden meyakini bahwa simulasi interaktif dapat membantu mereka memahami konsep pencemaran lingkungan lebih baik dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional, seperti penyampaian materi oleh guru atau melalui buku teks. Selain itu, 78,3% responden

menilai bahwa pembelajaran berbasis STEM sangat penting dalam memahami permasalahan lingkungan. Teknologi filtrasi berbasis membran *nanofiber*, yang masih belum banyak dikenal oleh peserta didik (70% responden), dinilai perlu diaplikasikan dalam pengembangan simulasi interaktif. Oleh karena itu, sebanyak 98,3% responden menyatakan bahwa pengembangan media pembelajaran simulasi interaktif berbasis STEM berbantuan teknologi membran *nanofiber* pada materi IPA pencemaran lingkungan sangat diperlukan.

Penelitian sebelumnya telah banyak mengembangkan media pembelajaran berbasis STEM. Namun, belum ditemukan penelitian yang secara khusus mengembangkan media pembelajaran simulasi interaktif berbantuan teknologi *nanofiber* untuk mengatasi pencemaran lingkungan. Pengembangan media ini bertujuan untuk membantu peserta didik memahami konsep pencemaran lingkungan serta langkah-langkah pencegahannya. Selain itu, peserta didik juga dapat memperoleh pemahaman mengenai teknologi filtrasi berbasis membran *nanofiber*, yang masih belum banyak dikenal peserta didik. Berdasarkan permasalahan tersebut, peneliti bermaksud melakukan penelitian tentang **“Pengembangan Media Pembelajaran Simulasi Interaktif Berbasis STEM Berbantuan Membran *Nanofiber* Pada Materi IPA Pencemaran Lingkungan untuk Siswa SMP.”**

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah “Bagaimana mengembangkan media pembelajaran simulasi interaktif berbasis STEM berbantuan membran *nanofiber* pada materi IPA pencemaran lingkungan untuk siswa SMP yang valid dan praktis?”

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan media pembelajaran simulasi interaktif berbasis STEM berbantuan membran *nanofiber* pada materi IPA pencemaran lingkungan untuk siswa SMP yang valid dan praktis.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikam manfaat, di antaranya:

1. Bagi peneliti, penelitian ini memberikan pengalaman serta wawasan baru dalam mengembangkan media pembelajaran simulasi interaktif berbasis STEM berbantuan membran *nanofiber* pada materi IPA pencemaran lingkungan untuk siswa SMP yang valid dan praktis.
2. Bagi sekolah, penelitian ini diharapkan dapat menyediakan sumber belajar yang inovatif dan efektif, sehingga dapat meningkatkan kualitas pembelajaran serta mendukung tercapainya tujuan pendidikan yang lebih baik.
3. Bagi pendidik, penelitian ini memungkinkan pendidik untuk menyampaikan materi dengan cara yang lebih menarik dan mudah dipahami oleh peserta didik, serta membantu pendidik dalam mengembangkan metode pengajaran yang lebih kreatif dan inovatif.
4. Bagi peserta didik, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan minat dan motivasi belajar, serta membantu mereka memahami konsep-konsep ilmiah dengan lebih baik melalui pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menyenangkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amali, L. N., Sulistio, R., Zakaria, A., & Dwinanto, A. (2023). *Effectiveness of 3D animation using Google Sketchup and Lumion as tourist attraction information media*. 5(2), 91–99. <https://doi.org/10.37905/jji.v5i2.22161>
- Amalia Nurmasitoh, Q., & Rahayu, R. (2021). Pengaruh Pembelajaran Berbasis Lingkungan Terhadap Sikap Pelestarian Lingkungan Pada Materi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Riset Fisika Edukasi Dan Sains*, 8(1), 1–7. <https://doi.org/10.22202/jrfes.2021.v8i1.4570>
- Anggraini, F. I., & Huzaifah, S. (2017). Implementasi STEM dalam Pembelajaran IPA di Sekolah Menengah Pertama. *Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Sriwijaya*, 1(1), 722–731.
- Ardan, A. S. (2016). The Development of Biology Teaching Material Based on the Local Wisdom of Timorese to Improve Students Knowledge and Attitude of Environment In Caring the Persevation of Environment. *International Journal of Higher Education*, 5(3), 190–200. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v5n3p190>
- Arjana, I. G., & Suastra, I. W. (2022). *Pengembangan Simulasi Interaktif Berbasis Geogebra*. 12(3), 99–111.
- Asmuniv. 2015. Pendekatan Terpadu Pendidikan STEM Upaya Mempersiapkan Sumber Daya Manusia Indonesia Yang Memiliki Pengetahuan Interdisipliner Dalam Menyosong Kebutuhan Bidang Karir Pekerjaan Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA)
- Ayu Sri Wahyuni. (2022). Literature Review: Pendekatan Berdiferensiasi Dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 12(2), 118–126. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.562>
- Ayuni, S., Pasaribu, F. T., & Kumalasari, A. (2024). *Desain Media Pembelajaran Berbasis Stem Design Thinking Berbantuan Video Animasi Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa*. 11(1), 30–44.
- Azmi, R. D., & Ummah, S. K. (2023). Pengembangan Apikasi Android Berbasis Simulasi Interaktif Berbantuan MATLAB untuk Pembelajaran Matematika SMP Pasca Pandemi. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(1), 313–325. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i1.1796>
- Baran, M., Maskan, A., & Yasar, S. (2018). Learning physics through project-based learning game techniques. *International Journal of Instruction*, 11(2), 221–234. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.11215a>
- Benhadj, N., Hairida, H., Ulfah, M., Masriani, M., & Lestari, I. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (Lkpd) Berbasis Literasi Sains Pada Materi Pencemaran Lingkungan Di Smp Negeri 2 Tanah Pinoh. *Jurnal*

- Education and Development*, 11(2), 255–261.  
<https://doi.org/10.37081/ed.v11i2.4732>
- Chaeruman, U. A. (2015). Instrumen Evaluasi Media Pembelajaran. *Pusat Teknologi Informasi Dan Komunikasi Pendidikan Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan*, December, 0–15.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14419.12329>
- Darwis, R., & Hardiansyah, M. R. (2021). Pengaruh Penerapan Laboratorium Virtual Phet Terhadap Motivasi Belajar Ipa Siswa Pada Materi Gerak Lurus. *ORBITA: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 7(2), 271.  
<https://doi.org/10.31764/orbita.v7i2.5514>
- Durrotunnisa, & Nur, H. R. (2020). Belajar Dan Pembelajaran. *Jurnal Basicedu*, 5(5), 3(2), 524–532.
- Effendi, D., & Wahidy, D. A. (2019). Pemanfaatan Teknologi Dalam Proses Pembelajaran Menuju Pembelajaran Abad 21. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Program Pascasarjana Universitas Pgri Palembang*, 125–129.
- Faujiah, N., Septiani, A.N, Putri, T., & Setiawan, U. (2022). Kelebihan dan Kekurangan Jenis-Jenis Media. *Jurnal Telekomunikasi, Kendala Dan Listrik*, 3(2), 81–87.
- Susanti, R., Safitri, E. R., Siahaan, S. M., Susanti, R., Hartono., Raharjo, M., Slamet, A., & Oktarina, S. (2022). Pendampingan Pembelajaran Inspiratif Melalui *Canva* dan *Liveworksheet* Untuk Guru Kota Palembang Dan Pangkal Pinang. *JPM: Jurnal Pengabdian Mandiri* Vol.1, No.4 April 2022
- Ikhwan, A. (2017). Metode Simulasi Pembelajaran dalam Perspektif Islam. *ISTAWA: Jurnal Pendidikan Islam*, Volume 2, Nomor 2, Januari-Juni 2017.
- Isnaini, S. N., Firman, F., & Desyandri, D. (2023). Penggunaan Media Video Pembelajaran Dalam Meningkatkan Minat Belajar Matematika Siswa Di Sekolah Dasar. *Alpen: Jurnal Pendidikan Dasar*, 7(1), 42–51.  
<https://doi.org/10.24929/alpen.v7i1.183>
- Kastawaningtyas, A., & Martini, M. (2018). Peningkatan Keterampilan Proses Sains Siswa Melalui Model Experiential Learning Pada Materi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 2(2), 45.  
<https://doi.org/10.26740/jppipa.v2n2.p45-52>
- Kasturi, L. I., Istiningsih, S., & Tahir, M. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Video Interaktif Pada Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) Siswa Kelas V SDN 2 Batujai. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(1), 116–122. <https://doi.org/10.29303/jipp.v7i1.432>
- Chercales., Sriyanti, I., & Ismet. (2023). *Mathematics Berbantuan Website 2 APK Builder Pro Kata kunci*. 6 (November), 9063–9068.  
<http://jiip.stkipyapisdompu.ac.id>

- Khulbe, K. C., & Matsuura, T. (2019). Art to use electrospun *nanofibers/nanofiber* based membrane in waste water treatment, chiral separation and desalination. *Journal of Membrane Science and Research*, 5(2), 100–125. <https://doi.org/10.22079/JMSR.2018.87918.1197>
- Krisnandika, V. E. (2017). Produksi *nanofiber* dan aplikasinya dalam pengolahan air. *Bandung Institute of Technology*, December. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1133804>
- Lestari, I. F., & Muhajir, S. N. (2021). Pendekatan Stem Untuk Meningkatkan Keterampilan. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika (JPIF)*, 01(02), 62–68.
- Lusidawaty, V., Fitria, Y., Miaz, Y., & Zikri, A. (2020). Pembelajaran Ipa Dengan Strategi Pembelajaran Inkuiri Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Dan Motivasi Belajar Siswa Di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 4(1), 168–174. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v4i1.333>
- Mahyudi, A. (2023). Efektivitas Penggunaan Teknologi Dalam Pembelajaran Bahasa Indonesia. *ARMADA : Jurnal Penelitian Multidisiplin*, 1(2), 122–127. <https://doi.org/10.55681/armada.v1i2.393>
- Mayasari, A., Pujasari, W., Ulfah, U., & Arifudin, O. (2021). Pengaruh Media Visual Pada Materi Pembelajaran Terhadap Motivasi Belajar Peserta Didik. *Jurnal Tahsinia*, 2(2), 173–179. <https://doi.org/10.57171/jt.v2i2.303>
- Maydiantoro, A. (2020). Model Penelitian Pengembangan. *Chemistry Education Review (CER)*, 3(2), 185.
- Mu'minah H. I., & Aripin I. (2019). Implementasi stem dalam pembelajaran abad 21. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 1, 1495–1503.
- Mulyani, T. (2019). Pendekatan Pembelajaran STEM untuk menghadapi Revolusi. *Seminar Nasional Pascasarjana 2019*, 7(1), 455.
- Murniati, M. E., Alex, H., & Maryani, M. (2023). Respon Siswa Terhadap Media Pembelajaran *Articulate Storyline 3* Dengan Pendekatan STEM Pada Materi Gerak Parabola. *Compton: Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 9(2), 152–160. <https://doi.org/10.30738/cjipf.v9i2.14440>
- Muttaqiin, A. (2023). Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) pada Pembelajaran IPA Untuk Melatih Keterampilan Abad 21. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(1), 34–45. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.819>
- Muzana, S. R., Lubis, S. P. W., & Wirda, W. (2021). Penggunaan Simulasi Phet Terhadap Efektifitas Belajar Ipa. *Dedikasi Pendidikan*, 5(1), 227–236.
- Nengsih, N. R., Yusmaita, E., & Gazali, F. (2019). Evaluasi Validitas Konten dan Konstruksi Bahan Ajar Asam Basa Berbasis REACT. *EduKimia*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.24036/ekj.v1i1.104017>
- Nulhakim, L. (2018). Karakteristik Nanogenerator Piezoelektrik ZnO Doping



- Co3O4. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 9(1), 687–692. <https://doi.org/10.24176/simet.v9i1.1821>
- Nurrita, T. (2018). *Kata Kunci : Media Pembelajaran dan Hasil Belajar Siswa*. 03, 171–187.
- Rabiah, S. (2018). *Penggunaan Metode Research and Development dalam Penelitian Bahasa Indonesia di Perguruan Tinggi*. April 2015, 1–7. <https://doi.org/10.31227/osf.io/bzfsj>
- Rahayu, E., Akib, I., Rukli, R., & S, M. I. (2023). Implementasi Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) Berbantuan Media Pembelajaran Interaktif Vlog di Sekolah Dasar. *JiIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 6(4), 2648–2654. <https://doi.org/10.54371/jiip.v6i4.1887>
- Rohmatulloh, G., Fakhirah Siregar, N., Widodo, A., & Riandi. (2022). Inovasi Media Pembelajaran 3 Dimensi Berbasis Teknologi pada Pembelajaran Biologi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 08, 139–146. <https://online-journal.unja.ac.id/biodik>
- Roy, S., & Singha, N. R. (2017). Polymeric nanocomposite membranes for next generation pervaporation process: Strategies, challenges and future prospects. *Membranes*, 7(3). <https://doi.org/10.3390/membranes7030053>
- Saefuddin, E., Darmanto, N., & Ul Husna, H. A. (2023). Pemanfaatan Teknologi Informasi Dan Komunikasi Sebagai Media Pembelajaran Di Politeknik Negeri Media Kreatif. *Jurnal Teknologi Informasi & Komunikasi Dalam Pendidikan*, 10(1), 33. <https://doi.org/10.24114/jtikp.v10i1.46482>
- Safentry, A., & Habib, F. (2019). *Studi Teknologi Membran Mikro Untuk Pemurnian Air Umpan Boiler Dipusat Pengumpulan Produksi (PPP) Pertamina EP Asset 2 Field Prabumulih*. 4(1), 16–26.
- Sindu, I. G. P., Santyadiputra, G. S., & Permana, A. A. J. (2020). The effectiveness of the application of *Articulate Storyline 3* learning object on student cognitive on Basic Computer System courses. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 10(3), 290–299. <https://doi.org/10.21831/jpv.v10i3.36094>
- Siregar, N. C., Rosli, R., & Nite, S. (2023). Students' interest in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) based on parental education and gender factors. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 18(2). <https://doi.org/10.29333/iejme/13060>
- Sompotan, D. D., & Sinaga, J. (2022). Pencegahan Pencemaran Lingkungan. *SAINTEKES: Jurnal Sains, Teknologi Dan Kesehatan*, 1(1), 6–13. <https://doi.org/10.55681/saintekes.v1i1.2>
- Soprihatin, P. Y., & Haqiqi, A. K. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Simulasi Interaktif Berbasis Adobe Flash Materi Suhu Dan Kalor. *Journal of Teaching and Learning Physics*, 6(2), 129–138. <https://doi.org/10.15575/jotalp.v6i2.12438>

- Sriyanti, I. (2011). e-Kamus FISIKA: Inovasi Media Pembelajaran untuk Membangun Karakter Anank Bangsa. *Forum MIPA*, 14(2001). [https://repository.unsri.ac.id/25395/%0Ahttps://repository.unsri.ac.id/25395/1/jurnal\\_MIPA\\_FKIP.pdf](https://repository.unsri.ac.id/25395/%0Ahttps://repository.unsri.ac.id/25395/1/jurnal_MIPA_FKIP.pdf)
- Sriyanti, I., Almafie, M. R., Dani, R., Idjan, M. K. N. A., Partan, R. U., Sanjaya, M. R., & Jauhari, J. (2023). Influence of Electrospinning Process Parameters of Polyvinylidene Fluoride and Polyacrylonitrile (PVDF/PAN) *Nanofiber* Composites. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 7159–7169. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.4840>
- Sriyanti, I., Edikresnha, D., Rahma, A., Munir, M. M., Rachmawati, H., & Khairurrijal, K. (2017). Correlation between Structures and Antioxidant Activities of Polyvinylpyrrolidone/ *Garcinia mangostana* L. Extract Composite *Nanofiber* Mats Prepared Using Electrospinnin. *Journal of Nanomaterials*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/9687896>
- Supriyadi, U., Marlina, L., & Sriyanti, I. (2021). E-Module Pada Materi Suhu, Pemuaian, dan Kalor: Valid dan Praktis. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 5(2), 201. <https://doi.org/10.20527/jipf.v5i2.3787>
- Sury, K., Wiyono, K., & Siahaan, S. M. (2022). Effectiveness of Using E-learning at STEM-based Physics Learning to Improve Communication Skills of High School Students. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(3), 539. <https://doi.org/10.20527/jipf.v6i3.5781>
- Suryadi, T., Alfia, F., Yusuf, M., Indah, R., Hidayat, T., & Kulsum, K. (2023). Content Validity for the Research Instrument Regarding Teaching Methods of the Basic Principles of Bioethics. *Jurnal Pendidikan Kedokteran Indonesia: The Indonesian Journal of Medical Education*, 12(2), 186. <https://doi.org/10.22146/jpki.77062>
- Torang Siregar. (2023). Stages of Research and Development Model Research and Development (R&D). *DIROSAT: Journal of Education, Social Sciences & Humanities*, 1(4), 142–158. <https://doi.org/10.58355/dirosat.v1i4.48>
- Wahyuni, N. L. D. A., Sugihartini, N., & Sindu, I. G. P. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Animasi 2D Pada Mata Pelajaran Fisika Kelas X Di SMA Negeri 1 Sawan. *Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika (KARMAPATI)*, 10(2), 111. <https://doi.org/10.23887/karmapati.v10i2.31391>
- Wang, X., & Hsiao, B. S. (2016). Electrospun *nanofiber* membranes. In *Current Opinion in Chemical Engineering* (Vol. 12). <https://doi.org/10.1016/j.coche.2016.03.001>
- Widianto, E. (2021). Pemanfaatan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi. *Journal of Education and Teaching*, 2(2), 213. <https://doi.org/10.24014/jete.v2i2.11707>
- Widyastuti, R. (2022). Penerapan Media Video Untuk Meningkatkan Motivasi

- Belajar IPA Siswa Kelas V. *Journal of Academia Perspectives*, 2(2), 110–114. <https://doi.org/10.30998/jap.v2i2.1016>
- Wiguna Yasa, I. M., Wijaya, I. K. W. B., Supadmini, N. K., Putra Aryana, I. M., & Hana, N. D. (2023). Evaluasi Program Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) Pada Adi Widya Pasraman Di Provinsi Bali Dengan Model Evaluasi Context Input Process Product (CIPP). *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(4), 877–887. <https://doi.org/10.37329/cetta.v6i4.2850>
- Wijayanto, S. O., & Bayuseno, A. . (2014). Analisis Kegagalan Material Pipa Ferrule Nickel Alloy N06025 Pada Waste Heat Boiler Akibat Suhu Tinggi Berdasarkan Pengujian : Mikrografi Dan Kekerasan. *Jurnal Teknik Mesin Undip*, 2(1), 33–39.
- Wulandari, A. P., Salsabila, A. A., Cahyani, K., Nurazizah, T. S., & Ulfiah, Z. (2023). Pentingnya Media Pembelajaran dalam Proses Belajar Mengajar. *Journal on Education*, 5(2), 3928–3936. <https://doi.org/10.31004/joe.v5i2.1074>
- Yahya, F., & Fitriyanto, S. (2018). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Simulasi Interaktif Terhadap Keterampilan Generik Sains Siswa SMA Pada Materi Elastisitas. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 2(3), 136–141. <https://doi.org/10.29303/jpft.v2i3.426>
- Yunarti, N. (2021). Analisa Kesulitan Dalam Pembelajaran IPA Pada Siswa SMP Negeri 1 Rambang. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, 7(4), 1745–1749. <https://doi.org/10.31949/educatio.v7i4.1570>
- Yusuf, R., & Primartadi, A. (2020). Pengembangan Media Audio Visual Sebagai Upaya Peningkatan Minat Belajar Sistem Kopling Di Universitas Muhammadiyah Purworejo. *Auto Tech: Jurnal Pendidikan Teknik Otomotif Universitas Muhammadiyah Purworejo*, 16(01), 91–96. <https://doi.org/10.37729/autotech.v16i01.6504>