

**PENGEMBANGAN *E-MODUL* GELOMBANG CAHAYA
BERBASIS *DESIGN THINKING* BERBANTUAN
SIMULASI *PhET* UNTUK MEMFASILITASI
KEMAMPUAN REPRESENTASI MATEMATIS FISIKA
PESERTA DIDIK SMA**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1



Kamilia Hasna
20104050017

**PROGAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 513056 Fax. (0274) 586117 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1959/Un.02/DT/PP.00.9/07/2025

Tugas Akhir dengan judul : PENGEMBANGAN *E-MODUL* GELOMBANG CAHAYA BERBASIS *DESIGN THINKING* BERBANTUAN SIMULASI *PhET* UNTUK MEMFASILITASI KEMAMPUAN REPRESENTASI MATEMATIS FISIKA PESERTA DIDIK SMA

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : KAMILIA HASNA
Nomor Induk Mahasiswa : 20104050017
Telah diujikan pada : Jumat, 20 Juni 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Valid ID: 687dcefcbed2

Ketua Sidang

Himawan Putranta, M.Pd.
SIGNED



Valid ID: 688819671acfc

Penguji I

Ika Kartika, S.Pd., M.Pd.Si.
SIGNED



Valid ID: 687dad54e2543

Penguji II

Drs. Nur Untoro, M.Si.
SIGNED



Valid ID: 68882595ca928

Yogyakarta, 20 Juni 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd.
SIGNED

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kamilia Hasna

NIM : 20104050017

Program Studi : Pendidikan Fisika

Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana yang berjudul “Pengembangan *E-Modul* Gelombang Cahaya Berbasis *Design Thinking* Berbantuan Simulasi *PhET* untuk Memfasilitasi Kemampuan Representasi Matematis Fisika Peserta Didik SMA” merupakan karya hasil tulisan saya sendiri. Adapun bagian-bagian yang saya kutip dari hasil karya tulisan orang lain sebagai bahan acuan telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika dalam penulisan ilmiah, serta disebutkan dalam daftar Pustaka. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, maka sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat agar dapat dimaklumi dan digunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 06 Mei 2025

Yang Menyatakan,


Kamilia Hasna

NIM. 20104050017



HALAMAN PERNYATAAN BERJILBAB

SURAT PERNYATAAN BERJILBAB

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kamilia Hasna
Tempat, Tanggal Lahir : Wonosobo, 09 Juni 2002
NIM : 20104050017
Program Studi : Pendidikan Fisika
Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
Alamat : Perumahan Bumi Sindoro Baru RT 02 / RW 07 B-
05 Kecamatan Andongsili Kabupaten Wonosobo
Provinsi Jawa Tengah

Dengan ini menyatakan bahwa pas foto yang disertakan pada ijazah saya memakai jilbab atas kemauan saya sendiri. Segala konsekuensi/resiko yang dapat timbul dikemudian hari adalah tanggung jawab saya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk melengkapi salah satu persyaratan dalam mengikuti Ujian Tugas Akhir pada Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Yogyakarta, 06 Mei 2025

Yang Menyatakan,



Kamilia Hasna

20104050017

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

FM-STUINSK-BM-05-01/R0

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Permohonan Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : Satu Bendel Skripsi

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Kamilia Hasna

NIM : 20104050017

Judul Skripsi : Pengembangan *E-Modul* Gelombang Cahaya Berbasis *Design Thinking* Berbantuan Simulasi *PhET* untuk memfasilitasi Kemampuan Representasi Matematis Fisika Peserta Didik SMA

Sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Pendidikan Fisika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum wr. Wb.

Yogyakarta, 14 Mei 2025

Pembimbing

Himawan Putranta, M. Pd
NIP. 19951211 000000 1 101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirahim

Tiada yang lebih indah dari penulisan ini selain halaman persembahan.
Alhamdulillahirabbil'alamin. Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Dengan penuh ketulusan, skripsi ini penulis persembahkan kepada:

Bapak Nurhayadi dan Ibu Siti Nurchayati

Kakak Nisrina Kusuma Wardani dan Athiya Hanifah

Adik Ilham Nur Fauzan

Sahabat Nur Fazza Anjani Putri

“Keluarga Besar“



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN INTEGRASI INTERKONEKSI

Cahaya merupakan bagian penting dalam kehidupan sehari-hari. Makhluk hidup tidak bisa lepas dari cahaya baik sebagai sumber penerangan, media komunikasi, maupun sumber energi. Dalam fisika, cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat mata atau disebut juga kasat mata. Gelombang elektromagnetik sendiri merupakan gelombang yang tidak membutuhkan medium dalam perambatannya. Energi elektromagnetik merambat dalam gelombang melalui beberapa karakter seperti panjang gelombang, amplitudo, frekuensi, dan kecepatan.

Dalam Al-Qur'an surah Al-Baqarah ayat 17 yang berbunyi.

يُصِرُّونَ لَا ظُلْمًا فِي وَتَرْكُهُمْ يَنْوِّرُهُمُ اللَّهُ ذَهَبَ حَوْلَهُ مَا أَضَاءَتْ فَلَمَّا نَارًا اسْتَوْفَدَ الَّذِي كَمَلَتْ مَثَلُهُمْ

Artinya:

Perumpamaan mereka seperti orang yang menyalakan api. Setelah (api itu) menerangi sekelilingnya, Allah melenyapkan cahaya (yang menyinari) mereka dan membiarkan mereka dalam kegelapan, tidak dapat melihat.

Manfaat terbesar cahaya berdasarkan ayat di atas yaitu cahaya mampu memberikan manusia dan makhluk hidup lainnya agar dapat melihat karena adanya cahaya. Pada malam hari, saat matahari sudah terbenam maka bumi akan gelap gulita sehingga manusia akan mengalami kesulitan dalam melihat. Hal inilah yang mendasari perkembangan teknologi seperti pembuatan lampu, sebagai sumber cahaya agar aktivitas manusia dan makhluk hidup lainnya tetap dapat berjalan dengan baik.

MOTTO

“Lupakan yang membuatmu sakit, Aku akan menemanimu setiap saat”
(QS. At-Taubah : 40)

“Jangan pernah merasa tertinggal, setiap orang memiliki proses dan rezekinya masing-masing”
(QS. Maryam : 4)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(QS. Al-Baqarah : 286)

Engga perlu jadi crazy dan rich. Being normal dan enough juga bagus-bagus aja kok.
(Fiersa Besari)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahum.

Alhamdulillah, segala puji atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya. Sehingga, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi dengan judul “Pengembangan *E-Modul* Gelombang Cahaya Berbasis *Design Thinking* Berbantuan Simulasi *PhET* untuk Memfasilitasi Kemampuan Representasi Matematis Fisika Peserta Didik SMA“. Shalawat dan salam tercurah limpahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan pengikutnya yang menantikan syafaatnya di *yaumul akhir*. Penulisan tugas akhir skripsi ini dapat diselesaikan tidak terlepas dari bantuan dan kerja sama dari banyak pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Nurhayadi dan Ibu Siti Nurchayati. Terimakasih atas segala kasih sayang yang telah diberikan dalam membesarkan dan membimbing penulis selama ini sehingga penulis dapat terus berjuang dalam meraih mimpi dan cita-cita. Kesuksesan dan segala hal baik yang kedepannya akan penulis dapatkan adalah karena dan untuk kedua orang tua.
2. Kakak Penulis Nisrina Kusuma Wardani dan Athiya Hanifah yang selalu memberikan dukungan dan nasihat kepada penulis sehingga penulis dapat lebih percaya diri dan semangat lagi.
3. Adik penulis Ilham Nur Fauzan, adik yang menjadi alasan penulis untuk selalu semangat, pantang menyerah. Adik yang dapat selalu memberikan semangat kepada penulis dengan segala kejutan yang diberikan.
4. Bapak Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd. sebagai Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

5. Ibu Iva Nandya Atika, S.Pd., M.Ed. sebagai ketua Progam Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
6. Bapak Himawan Putranta, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang penuh dengan kesabaran dalam menghadapi penulis, selalu dapat memotivasi, memberikan semangat, nasihat kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
7. Ibu Ika Kartika, S.Pd., M.Pd.Si. dan Bapak Drs. Nur Untoro, M.Si selaku dosen penguji I dan dan dosen penguji II yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
8. Bapak Murtono, M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik atas bimbingan, arahan, dan waktu yang telah diluangkan.
9. Bapak Ibu dosen Pendidikan Fisika dan Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, dan guru fisika SMA Al-Islam 1 Surakarta selaku validator maupun penilai yang telah memberikan saran dan masukan dari instrumen yang telah disusun penulis.
10. Segenap dosen Program Studi Pendidikan Fisika, dosen dan karyawan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan penulis.
11. Ibu Siti Nur Azizah selaku guru fisika SMA Al-Islam 1 Surakarta, yang telah memberikan kesempatan dan membantu dalam penelitian penulis.
12. Seluruh peserta didik kelas A2 dan A3 SMA Al-Islam 1 Surakarta yang telah bersedia untuk bekerja sama dan mendukung selama proses penelitian ini.
13. Sahabat penulis Nur Fazza Anjani Putri S.Tr.Sos. yang selalu menemani, sabar, dan memberikan semangat kepada penulis. Sahabat yang selalu percaya dengan

mimpi dan cita-cita penulis. Sahabat yang selalu menemani penulis dalam suka maupun duka. Penulis benar-benar mengucapkan banyak terimakasih kepada Fazza. Semoga banyak kebaikan untuk kita di masa yang akan datang.

14. Sahabat kuliah Hanik Wal Umoro, S.Pd yang selalu mengingatkan penulis akan skripsi, memberikan saran dan masukan, yang selalu sabar. Hanik, sukses selalu yaa. Semoga ada banyak waktu untuk kita di masa yang akan datang.
15. Sahabat penulis dari SMA Nurul Hidayati Rokhimah, S.Pd dan Affifah Khusnul Khotimah, S.P yang selalu memberikan rasa percaya diri kepada penulis. Yang selalu meyakinkan penulis untuk setiap hal baik yang penulis lakukan.
16. Teman-teman Program Studi Pendidikan Fisika 2020 yang menemani perjalanan perkuliahan penulis.
17. Teman bimbingan skripsi, Hanik, Mba Ten, Ihsan, Tya yang selalu siap sedia saat penulis membutuhkan bantuan dalam penyusunan skripsi ini.
18. Teman kuliah, teman curhat, teman jalan-jalan penulis yang tidak bisa penulis sebut. Terimakasih sudah memberikan semangat, memberikan dukungan dan sudah selalu sabar bersama penulis.
19. Terakhir. Terimakasih kepada diri saya sendiri, Kamilia Hasna yang telah bersusah payah, berjuang, bekerja keras dalam menyelesaikan tugas akhir untuk gelar sarjana impian penulis.

Semoga setiap bantuan yang diberikan oleh segenap pihak menjadi satu amalan serta mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis sangat menyadari akan skripsi yang penulis susun ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan skripsi penulis kedepannya.

Yogyakarta, 04 Mei 2025

Penulis,

Kamilia Hasna

NIM. 20104050017



**PENGEMBANGAN *E-MODUL* GELOMBANG CAHAYA
BERBASIS *DESIGN THINKING* BERBANTUAN SIMULASI
PhET UNTUK MEMFASILITASI KEMAMPUAN
REPRESENTASI MATEMATIS FISIKA PESERTA DIDIK SMA**

Kamilia Hasna

20104050017

INTISARI

Permasalahan yang terjadi dalam pembelajaran fisika disebabkan oleh metode, model, dan bahan ajar yang kurang bervariasi. Pembelajaran fisika berlangsung dengan kurang mengaitkan dengan kehidupan sehari-hari, berdampak pada kesulitan belajar dan rendahnya kemampuan representasi matematis. Dibutuhkan bahan ajar yang dapat mengatasi permasalahan tersebut, yaitu *e-modul* berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik, kelayakan, respon peserta didik dalam penggunaan *e-modul*, keterlaksanaan dan keefektifan *e-modul* berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET*.

Penelitian ini merupakan penelitian *Research and Development* (R&D) model pengembangan 4D dari Thiagarajan yang terdiri dari *define*, *design*, *development*, dan *disseminate*. Yang menghasilkan modul dalam bentuk elektronik dilengkapi dengan berbagai fitur seperti gambar, audio, video, dan animasi gerak. Instrumen penelitian yang digunakan yaitu soal kemampuan representasi matematis, lembar penilaian kelayakan *e-modul* untuk ahli materi, media, guru fisika, lembar keterlaksanaan pembelajaran, dan lembar angket respon peserta didik menggunakan skala *likert*. Analisis data yang digunakan yaitu validasi *V Aiken's*, persamaan simpangan baku ideal (*Sbi*), *Interjudge-Aggrement*, dan *N-Gain*.

Hasil dari penelitian yaitu telah dikembangkannya *e-modul* berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* dengan kriteria sangat layak dengan penilaian ahli media, materi, dan guru fisika. Dengan skor rerata secara berturut-turut sebesar 4,45; 4,33; 4,44. Respon peserta didik pada uji coba terbatas memperoleh kriteria sangat setuju (SS) dengan rerata skor 4,50. Hasil keterlaksanaan *e-modul* dalam pembelajaran memperoleh kriteria sangat baik dengan nilai 89%, serta terdapat perbedaan hasil kemampuan peserta didik berdasarkan pada nilai *N-Gain* dari kelas kontrol dan kelas eksperimen dengan masing-masing skor 0,298; dan 0,479 kriteria rendah dan sedang. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan *e-modul* yang dikembangkan layak dan efektif digunakan sebagai alternatif dalam pembelajaran peserta didik.

Kata Kunci: *E-modul*, Model Pembelajaran *Design Thinking*, Representasi Matematis, Simulasi *PhET*.

DEVELOPMENT OF LIGHT WAVE E-MODULE BASED ON DESIGN THINKING ASSISTED BY PHET SIMULATION TO FACILITATE MATHEMATICAL REPRESENTATION ABILITY OF PHYSICS OF SENIOR HIGH SCHOOL STUDENTS

Kamilia Hasna

20104050017

ABSTRACT

Problems that occur in physics learning are caused by methods, models, and teaching materials that are not varied enough. Physics learning takes place with a lack of connection to everyday life, resulting in learning difficulties and low mathematical representation skills. Teaching materials are needed that can overcome these problems, namely e-modules based on design thinking assisted by PhET simulations. This study aims to determine the characteristics, feasibility, student responses in the use of e-modules, implementation and effectiveness of e-modules based on design thinking assisted by PhET simulations.

This research is a Research and Development (R&D) research of Thiagarajan's 4D development model consisting of define, design, development, and disseminate. Which produces modules in electronic form equipped with various features such as images, audio, video, and motion animation. The research instruments used were questions about mathematical representation skills, e-module feasibility assessment sheets for material experts, media, physics teachers, learning implementation sheets, and student response questionnaire sheets using a Likert scale. The data analysis used was the validation of V Aiken's, the ideal standard deviation equation (Sbi), Interjudge-Aggrement, and N-Gain.

The results of the study were the development of an e-module based on design thinking assisted by PhET simulation with very feasible criteria with the assessment of media experts, materials, and physics teachers. With an average score of 4.45; 4.33; 4.44, respectively. The response of students in the limited trial obtained the criteria of strongly agree (SS) with an average score of 4.50. The results of the implementation of the e-module in learning obtained very good criteria with a value of 89%, and there were differences in the results of student abilities based on the N-Gain value of the control class and the experimental class with scores of 0.298 each; and 0.479 low and medium criteria. Based on these results, it can be concluded that the developed e-module is feasible and effective to be used as an alternative in student learning.

Keywords: Design Thinking Learning Model, E-module, Mathematical Representation, PhET Simulation.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN BERJILBAB	iv
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN INTEGRASI INTERKONEKSI	vii
MOTTO.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT	xiv
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	9
C. Batasan Masalah	10
D. Rumusan Masalah	11
E. Tujuan Penelitian	12
F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan.....	13
G. Manfaat Penelitian	14
H. Keterbatasan Pengembangan	15
I. Definisi Istilah.....	16
BAB II LANDASAN TEORI.....	19
A. Kajian Teori	19
B. Kajian Penelitian yang Relevan	47
C. Kerangka Berpikir	55
BAB III METODE PENELITIAN	58
A. Model Pengembangan	58

B. Prosedur Pengembangan	58
C. Uji Coba Produk	67
D. Teknik Analisis Data	72
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	79
A. Hasil Penelitian	79
B. Pembahasan	125
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	145
A. Kesimpulan	145
B. Keterbatasan Pengembang.....	146
C. Saran Pemanfaatan dan Pengembangan Produk Lebih Lanjut	146
Daftar Pustaka	148
LAMPIRAN	155
Lampiran I	156
Lampiran II.....	159
Lampiran III	232



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tampilan Progam Simulasi PhET pada Materi Gelombang Cahaya.....	30
Gambar 2. 2 Skema Pembiasan Cahaya.....	39
Gambar 2. 3 Skema Dispersi Cahaya	41
Gambar 2. 4 Percobaan Celah Ganda Young	44
Gambar 2. 5 Kerangka Berpikir.....	57
Gambar 3. 1 Alur Penelitian Pengembangan	60
Gambar 3. 2 Tabel Aiken's V	73
Gambar 4. 1 Tampilan Awal	87
Gambar 4. 2 Tampilan Menu Utama	88
Gambar 4. 3 Tampilan Petunjuk Penggunaan	88
Gambar 4. 4 Tampilan Studi Kasus Awal.....	89
Gambar 4. 5 Tampilan Materi	89
Gambar 4. 6 Tampilan Kuis.....	90
Gambar 4. 7 Tampilan Awal	115
Gambar 4. 8 Tampilan Menu Options.....	116
Gambar 4. 9 Tampilan Menu Info Aplikasi.....	117
Gambar 4. 10 Tampilan Pengembang	118
Gambar 4. 11 Tampilan Menu Utama	118
Gambar 4. 12 Tampilan Petunjuk Penggunaan	119
Gambar 4. 13 Tampilan Penggunaan Aplikasi	120
Gambar 4. 14 Tampilan Panduan Tombol.....	120
Gambar 4. 15 Tampilan Sintaks Design Thinking	121
Gambar 4. 16 Tampilan Studi Kasus Awal.....	121
Gambar 4. 17 Tampilan Materi	122
Gambar 4. 18 Tampilan Kegiatan Belajar.....	123
Gambar 4. 19 Tampilan Kuis	124
Gambar 4. 20 Tampilan Exit.....	125

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sintaks Model Pembelajaran Design Thinking	36
Tabel 2. 2 Penelitian yang Relevan	51
Tabel 3. 1 Klasifikasi Penilaian Kelayakan Produk	75
Tabel 3. 2 Klasifikasi Penilaian Respon Siswa.....	77
Tabel 4. 1 Saran dan Masukan Validator Instrumen	93
Tabel 4. 2 Saran dan Masukan Penilai Ahli Media	96
Tabel 4. 3 Saran dan Masukan Penilai Ahli Materi	97
Tabel 4. 4 Saran dan Masukan Guru Fisika.....	98
Tabel 4. 5 Saran dan Masukan Modul Ajar Kelas Kontrol	99
Tabel 4. 6 Saran dan Masukan Modul Ajar Kelas Eksperimen.....	99
Tabel 4. 7 Analisis Data Validasi Ahli Instrumen	101
Tabel 4. 8 Analisis Validasi Butir Soal.....	102
Tabel 4. 9 Skor Total Penilaian Ahli Media.....	103
Tabel 4. 10 Kriteria Skor Ahli Media	103
Tabel 4. 11 Skor Total Penilaian Ahli Materi	104
Tabel 4. 12 Kriteria Skor Ahli Materi	104
Tabel 4.13 Hasil Skor Penilaian Guru Fisika	105
Tabel 4. 14 Kriteria Skor Ahli Materi	106
Tabel 4. 15 Hasil Analisis Modul Ajar Kelas Kontrol	107
Tabel 4. 16 Hasil Analisis Modul Ajar Kelas Eksperimen	108
Tabel 4. 17 Kriteria Modul Ajar	108
Tabel 4. 18 Hasil Uji Coba Terbatas Respon Peserta Didik.....	109
Tabel 4. 19 Kriteria Skor Respon Peserta Didik	110
Tabel 4. 20 Hasil Analisis IJA Kelas Eksperimen	111
Tabel 4. 21 Hasil Uji N-Gain	112
Tabel 4. 22 Analisis Respon Peserta Didik Uji Coba Luas.....	113
Tabel 4. 23 Kriteria Skor Respon Peserta Didik	113
Tabel 4. 24 Keterkaitan Model Design Thinking dengan Indikator Representasi Matematis.....	114

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Surat Izin Penelitian dari Kabag TU UIN Sunan Kalijaga	157
Lampiran 1. 2 Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian	158
Lampiran 2. 1 Identitas Validator dan Penilai	160
Lampiran 2. 2 Lembar Wawancara Guru Fisika	162
Lampiran 2. 3 Lembar Validasi Instrumen	163
Lampiran 2. 4 Lembar Validasi Butir Soal	167
Lampiran 2. 5 Lembar Penilaian Kelayakan Ahli Media	170
Lampiran 2. 6 Lembar Penilaian Kelayakan Ahli Materi	172
Lampiran 2. 7 Lembar Penilaian Kelayakan Guru Fisika	174
Lampiran 2. 8 Lembar Penilaian Modul Ajar	176
Lampiran 2. 9 Lembar Respon Peserta Didik	179
Lampiran 2. 10 Lembar Keterlaksanaan Pembelajaran	180
Lampiran 2. 11 Kisi-Kisi Penilaian Kelayakan Ahli Media	182
Lampiran 2. 12 Kisi-Kisi Penilaian Kelayakan Ahli Materi	191
Lampiran 2. 13 Kisi-Kisi Penilaian Kelayakan Guru Fisika	206
Lampiran 2. 14 Kisi-Kisi Angket Respon Peserta Didik	225
Lampiran 2. 15 Modul Ajar	229
Lampiran 3. 1 Perhitungan Penilaian Ahli Media	233
Lampiran 3. 2 Perhitungan Penilaian Ahli Materi	235
Lampiran 3. 3 Perhitungan Penilaian Guru Fisika	236
Lampiran 3. 4 Perhitungan Penilaian Modul Ajar Kelas Kontrol	239
Lampiran 3. 5 Perhitungan Penilaian Modul Ajar Kelas Eksperimen	243
Lampiran 3. 6 Angket Respon Peserta Didik Uji Terbatas	248
Lampiran 3. 7 Angket Respon Peserta Didik Uji Luas	253
Lampiran 3. 8 Hasil N-Gain	256
Lampiran 3. 9 Dokumentasi Penelitian	257
Lampiran 3. 10 Curriculum Vitae	259

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Bagian penting dalam menghasilkan sumber daya manusia yang handal dan berkualitas untuk membangun dan memajukan suatu negara yaitu pendidikan (Syadzili & Zulfas, 2022). Sejalan dengan pemaparan Novalita (2019) yaitu pendidikan merupakan kunci untuk membangun dan memperbaiki sebuah negara. Pendidikan dapat dijadikan batu loncatan seseorang untuk mengubah nasib bangsa menjadi lebih baik. Hal ini diperkuat pendapat Makkawaru (2019) bahwa bagi kehidupan manusia pendidikan merupakan hal yang penting. Dengan adanya pendidikan diharapkan sumber daya manusia memiliki kompetensi yang utuh, yaitu kompetensi sikap, kompetensi pengetahuan, dan kompetensi keterampilan yang terintegrasi (Umar, 2018).

Peran pendidikan yang besar dalam mencerdaskan kehidupan bangsa harus sebanding dengan kualitas pendidikan yang ada. Hal ini dikarenakan mutu dari pendidikan menentukan kualitas lulusan hasil pendidikan itu sendiri (Alifah, 2021). Senada dengan penelitian Fitri (2021) menjelaskan bahwa pendidikan di Indonesia memiliki kualitas yang memprihatinkan akhir-akhir ini. Hal ini dikarenakan dalam sistem pendidikan Indonesia masih terdapat beberapa masalah yang mengakibatkan rendahnya kualitas pendidikan. Seperti rendahnya kualitas sumber daya pengajar, adanya pola pikir yang kuno, kesenjangan sarana dan prasarana, serta lemahnya evaluasi pembelajaran di dalam kelas (Fitri, 2021). Sejalan dengan kajian sebelumnya, permasalahan-permasalahan tersebut

mengakibatkan kesulitan pembelajaran di dalam kelas. Salah satunya pada mata pelajaran fisika.

Hal ini sesuai dengan penelitian Fatimah & Ulfa (2022) bahwa fisika merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang sifat serta fenomena atau gejala alam dan seluruh interaksi yang terjadi di dalamnya. Faktanya fisika merupakan pelajaran yang mempelajari fenomena-fenomena dalam kehidupan sehari-hari. Namun demikian masih banyak peserta didik yang beranggapan jika mata pelajaran fisika merupakan mata pelajaran yang susah untuk dipahami dan peserta didik hanya menghafal rumus dalam menyelesaikan soal-soal fisika (Sidik & Kartika, 2020). Selain itu peserta didik beranggapan jika fisika hanya sekedar teori saja dan tidak mengaitkan fenomena maupun kegunaan fisika dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini diperkuat dengan penelitian Fahyuni & Istikomah (2016) yang menyebutkan kesulitan-kesulitan pada pembelajaran fisika terjadi karena anggapan peserta didik terhadap mata pelajaran fisika itu sendiri dan kurangnya motivasi yang diberikan oleh guru serta kurangnya dalam memahami metode atau cara belajar yang efisien untuk digunakan.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan kesulitan belajar fisika yaitu dengan memanfaatkan teknologi secara tepat. Hal ini sesuai dengan pendapat Sudarsi (2018) yakni pemanfaatan teknologi dalam bidang pendidikan yaitu sebagai penunjang pembelajaran, adapun implementasinya seperti pemanfaatan dalam alat administratif, media pembelajaran, sumber belajar, meningkatkan suasana belajar, dan alat peraga (Suliani, 2020). Didukung pula dengan penelitian yang dilakukan oleh Ramadayanty, Sutarno, dan Risdianto

(2021) yaitu penggunaan teknologi digital terbukti membantu peserta didik dalam memahami materi pelajaran dan mampu menjawab berbagai permasalahan di dalam proses pembelajaran yang tidak dapat dilakukan oleh media konvensional.

Bahan ajar sangat mempengaruhi hasil belajar peserta didik (Pratama et al., 2016). Bahan ajar di sekolah masih menekankan aspek kognitif tanpa disertai adanya penekanan pada aspek afektif dan aplikatif yang mengaitkannya dengan sisi religius, lingkungan, teknologi, dan sosial. Hal ini menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan dalam mengaitkan konsep fisika sebagai solusi permasalahan dalam kehidupan sehari-hari (Fatimah et al., 2020). Maka dari itu dibutuhkan bahan ajar alternatif dalam proses pembelajaran.

Sesuai perkembangan zaman, bahan ajar dapat diakses melalui internet ataupun sumber lain. *E-modul* merupakan transformasi modul pembelajaran cetak ke dalam bentuk elektronik atau digital sehingga disebut modul elektronik (*e-modul*) (Oksa & Soenarto, 2020). *E-modul* dikembangkan dengan menambahkan fitur teks, gambar, audio, video, animasi, dan interaktif sehingga *e-modul* merupakan bahan ajar yang sistematis dengan penyajian format elektronik (Oksa & Soenarto, 2020).

Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Malina et al. (2021) menjelaskan bahwa salah satu pelajaran yang membutuhkan bahan ajar berupa modul elektronik adalah fisika. Hal ini dikarenakan *e-modul* fisika mampu meningkatkan minat belajar peserta didik terhadap pembelajaran karena *e-modul* fisika memiliki sifat yang interaktif memudahkan dalam navigasi (Laraphaty et al., 2021). Serta diharapkan dapat menghadirkan pengalaman nyata peserta didik,

sehingga peserta didik dapat terstimulus menggabungkan pengetahuan yang dimiliki peserta didik dengan materi fisika (Fatimah, Serevina dan Sunaryo, 2020).

Selain dengan pembuatan *e-modul*, solusi dari permasalahan kesulitan pembelajaran fisika yaitu pemanfaatan media laboratorium virtual. Sejalan dengan pendapat Verdian et al. (2021) yaitu media pembelajaran berbasis digital telah berkembang dan berperan dalam proses pembelajaran fisika salah satunya laboratorium virtual. Hal ini didukung oleh Ismail, Permanasari dan Setiawan (2021) bahwa penggunaan laboratorium virtual dapat membantu pemahaman konsep materi pembelajaran yang abstrak menjadi konkret melalui proyeksi digital seperti pada materi fisika.

Salah satu jenis laboratorium virtual yang dapat digunakan adalah *PhET* (*Physics Educationn Technology*) (Badriyah et al., 2023). Simulasi *PhET* merupakan sebuah media pembelajaran dalam bentuk laboratorium virtual yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk membangun pengetahuannya sendiri (Yulia et al., 2018). *PhET* juga menjadi pilihan guru dalam melaksanakan praktikum virtual fisika karena memiliki akses gratis dan juga *user interface* yang mudah digunakan (Verdian et al., 2021). Hal ini dikarenakan *PhET* mampu menghubungkan antara konsep dengan fenomena nyata yang terjadi serta memberikan gambaran visual terhadap fenomena yang sulit diamati oleh peserta didik secara langsung (Verdian et al., 2021).

Selain itu, simulasi *PhET* merupakan media pembelajaran yang didalamnya terdapat rangkaian peralatan laboratorium berbentuk *software*

berbasis multimedia interaktif yang mensimulasikan kegiatan eksperimen di laboratorium secara virtual (Kurniawan et al., 2020). Berdasarkan penelitian Verdian et al. (2021), bahwa pembelajaran menggunakan simulasi *PhET* lebih efektif dalam praktik dibandingkan mengandalkan praktikum nyata. Proses pembelajaran menggunakan virtual laboratorium *PhET* membuat kegiatan belajar peserta didik menjadi menyenangkan, tidak membosankan, dan suasana belajar menjadi rileks karena tidak terbebani oleh konsep-konsep fisika yang sukar (Elisa et al., 2017). Oleh karena itu, penggunaan bahan ajar *e-modul* berbantuan laboratorium virtual *PhET* tepat untuk dijadikan sarana bahan pembelajaran.

Penggunaan simulasi *PhET* akan lebih baik jika dikombinasikan dengan model pembelajaran *design thinking*. Sejalan dengan penelitian terdahulu bahwa dengan menggunakan model *design thinking* akan menghasilkan proses pemikiran, kemampuan berfikir, inovasi atau proses pengembangan produk baru, alat pemecahan masalah, dan panduan langkah demi langkah untuk sebuah inovasi (Kasri et al., 2021). Yang mana *design thinking* merupakan model pembelajaran berbasis solusi untuk memecahkan suatu masalah (Wulandari et al., 2023).

Senada dengan penelitian Febriansari et al., (2022) bahwa *design thinking* merupakan model dengan pola pikir baru yang memiliki tujuan untuk melatih kreativitas seseorang dalam upaya pemecahan masalah kontekstual dan berorientasi pada kebutuhan penggunaanya dengan tahapan tertentu. Terdapat 6 tahapan yang harus dilakukan dalam proses berfikir *design thinking* agar menghasilkan solusi yang sesuai dengan kebutuhan, yaitu mengidentifikasi

peluang, desain, membuat prototipe, mendapatkan umpan balik, *scale and spread*, dan presentasi yang mana semua tahapan tersebut harus dilalui secara bertahap, sistematis, dan menyeluruh (Azhari, 2020).

Sejalan dengan permasalahan yang sudah dijelaskan sebelumnya, maka diperlukan bahan ajar yang sesuai dengan materi yang akan digunakan. Peneliti mengambil salah satu materi dari fisika yaitu Gelombang Cahaya. Materi gelombang cahaya merupakan salah satu materi yang membutuhkan *e-modul* fisika berbantuan simulasi *PhET*. Hal ini selaras dengan pendapat Wulandari et al. (2023) bahwa laboratorium virtual dapat dimanfaatkan secara maksimal ketika dalam penggunaannya menggunakan materi yang sulit diproyeksikan dalam kehidupan sehari-hari.

Diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Nofianti (2023) bahwa kegiatan di laboratorium yang tidak berjalan lancar juga dikarenakan alat laboratorium yang kurang memadai seperti halnya pada praktikum gelombang cahaya yang tidak dapat dilakukan karena alat yang dibutuhkan seperti lensa, diafragma, prisma, kisi difraksi tidak tersedia di laboratorium. Sehingga konsep yang disampaikan guru tidak dapat dibuktikan secara nyata yang mengakibatkan peserta didik hanya mengilustrasikan saja konsep yang telah dipelajarinya.

Data lapangan Nofianti (2023) juga memaparkan materi mengenai gelombang bunyi dan cahaya merupakan materi fisika kelas XI yang termasuk materi sulit untuk dipahami oleh peserta didik dikarenakan peserta didik hanya menggunakan buku paket yang bersifat abstrak yang didalamnya hanya berisi

materi, ilustrasi, contoh soal dan rumus yang membuat peserta didik tidak tertarik untuk membacanya sehingga sangat mempengaruhi pemahaman peserta didik.

Berkaitan dengan hal yang telah dikaji sebelumnya, teknik pembelajaran fisika mengenai materi gelombang cahaya dapat dilaksanakan dengan baik ketika menggunakan kemampuan representasi matematis. Kemampuan representasi merupakan kemampuan yang penting untuk dikembangkan dan dimiliki oleh peserta didik (Effendi, 2012). Diperkuat oleh Rangkuti (2013) mengenai pentingnya representasi yang menyatakan bahwa representasi matematis penting dimiliki oleh peserta didik guna membantu dalam memahami konsep matematis berupa gambar, simbol, dan kata-kata tertulis. Sejalan dengan (Rangkuti, 2013) berpendapat bahwa representasi merupakan suatu konfigurasi (susunan atau bentuk) yang dapat mewakili, menggambarkan, atau melambangkan sesuatu dalam satu cara. Sehingga peserta didik tidak hanya terpaku dengan konsep-konsep fisika berupa rumus matematis dan verbal (Putri et al., 2020).

Kemudian Harun et al., (2016) meneliti mengenai analisis kemampuan representasi siswa pada materi fluida, dari hasil penelitian diperoleh peserta didik lebih banyak menjawab soal benar pada representasi matematis dengan persentase 34,29% dan rendah pada representasi grafis yaitu sebanyak 11,43%. Lebih lanjut hasil penelitian Bunawan et al., (2015) menunjukkan bahwa kemahiran dalam menganalisis grafik bergantung pada jenis grafik dan level atau tipe pertanyaan yang dikembangkan. Didukung dengan penelitian terdahulu mengenai multirepresentasi terkait dengan kemampuan penyelesaian atau pemecahan soal oleh peserta didik yang dilakukan oleh Sirait (2010)

menyimpulkan bahwa sebagian besar peserta didik (97%) menggunakan representasi persamaan matematis dalam menyelesaikan permasalahan, peserta didik yang mampu membuat representasi gambar dan grafik ternyata mampu menyelesaikan dalam bentuk persamaan matematis dengan benar.

Wawancara dan observasi yang dilakukan di SMA Al-Islam 1 Surakarta dengan guru fisika kelas XI menghasilkan bahwa sekolah tersebut menerapkan Kurikulum Merdeka dengan salah satu misi yang dimiliki yaitu melaksanakan kegiatan pembelajaran yang inovatif dan berkelanjutan. Bertujuan untuk memperkenalkan sesuatu yang baru atau bersifat pembaruan. Selanjutnya, dalam proses pembelajaran guru menggunakan buku paket dan PPT dari MGMP (Musyawarah Guru Mata Pelajaran) sebagai bahan ajar, sedangkan untuk media yang digunakan berupa PPT, *Quizizz*, video pembelajaran dan demonstrasi dengan membawa alat sesuai dengan materi pada saat proses pembelajaran. Belum tersedia *e-modul* berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* dalam pembelajaran fisika sebagai bahan ajar.

Lebih lanjut dari hasil wawancara dan observasi yang dilakukan di SMA Al-Islam 1 Surakarta yaitu hasil belajar peserta didik termasuk rendah pada materi gelombang cahaya, hal ini disebabkan peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami soal terkait materi gelombang cahaya karena terbatasnya bahan ajar, media dan waktu yang dimiliki dalam proses pembelajaran. Selain itu, rendahnya kemampuan representasi matematis yang dimiliki peserta didik pada materi gelombang cahaya menyebabkan rendahnya hasil belajar peserta didik, hal ini dikarenakan kemampuan *basic* yang dimiliki peserta didik belum cukup untuk

memahami materi gelombang cahaya yang memiliki banyak materi berupa grafis (gambar), matematis serta verbal.

Berdasarkan pemaparan yang sudah disampaikan sebelumnya maka peneliti tertarik membuat penelitian mengenai pengembangan *e-modul* berbasis *desain thinking* berbantuan simulasi *PhET* pada materi gelombang cahaya. Yang berjudul **“Pengembangan *E-Modul* Gelombang Cahaya Berbasis *Design Thinking* Berbantuan Simulasi *PhET* untuk Memfasilitasi Kemampuan Representasi Matematis Fisika Peserta Didik SMA”**.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, beberapa permasalahan yang dapat ditemukan antara lain:

1. Rendahnya pendidikan di Indonesia dikarenakan kesenjangan sarana dan prasarana dalam proses pembelajaran.
2. Kesulitan pembelajaran di dalam kelas pada mata pelajaran fisika dikarenakan kurangnya memahami metode atau cara belajar yang efisien.
3. Kesulitan pembelajaran fisika dikarenakan kurangnya dalam mengaitkan materi dengan kehidupan sehari-hari peserta didik.
4. Proses pembelajaran fisika yang berlangsung di dalam kelas masih kurang bervariasi dalam pemanfaatan teknologi.
5. Belum adanya *e-modul* fisika berbasis model pembelajaran *design thinking* berbantuan Simulasi *PhET* sebagai bahan ajar dikarenakan guru kebanyakan menggunakan bahan ajar berupa buku paket dan PPT dari MGMP yang disediakan sekolah.

6. Bahan ajar dalam pembelajaran fisika yang disediakan sekolah belum ada yang berbantuan laboratorium virtual.
7. Belum adanya e-modul gelombang cahaya berbasis model pembelajaran *design thinking* berbantuan Simulasi *PhET* yang memfasilitasi kemampuan representasi matematis.
8. Belum berjalannya praktikum fisika secara rutin dikarenakan kurang memadainya sarana dan prasarana serta waktu yang tersedia.
9. Peserta didik memiliki kemampuan representasi matematis yang rendah sebagai akibat kurangnya sarana dan prasarana yang memadai.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang diuraikan pada bagian sebelumnya, maka uraian masalah yang dibatasi dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Kurangnya sarana dan prasarana yang memadai menyebabkan rendahnya kemampuan representasi matematis peserta didik.
2. Bahan ajar yang difasilitasi oleh sekolah berupa buku paket dan PPT dari MGMP. Sedangkan bahan ajar *e-modul* belum banyak digunakan.
3. Dalam memfasilitasi kemampuan representasi matematis peserta didik pada mata pelajaran fisika, masih jarang yang mengembangkan *e-modul* berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET*.
4. *E-modul* berbasis *design thinking* pada materi gelombang cahaya masih jarang yang berbantuan laboratorium virtual salah satunya simulasi *PhET*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian batasan masalah pada bagian sebelumnya, maka rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik *e-modul* gelombang cahaya berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis fisika peserta didik SMA?
2. Bagaimana kelayakan *e-modul* gelombang cahaya berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis fisika peserta didik SMA?
3. Bagaimana respon peserta didik dalam penggunaan *e-modul* gelombang cahaya berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis fisika peserta didik SMA?
4. Bagaimana keterlaksanaan *e-modul* gelombang cahaya berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis fisika peserta didik SMA?
5. Bagaimana keefektifan *e-modul* gelombang cahaya berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis fisika peserta didik SMA?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah, maka dapat diuraikan tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Mengetahui karakteristik *e-modul* gelombang cahaya berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis fisika peserta didik SMA.
2. Mengetahui kelayakan *e-modul* gelombang cahaya berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis fisika peserta didik SMA.
3. Mengetahui respon peserta didik dalam penggunaan *e-modul* gelombang cahaya berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis fisika peserta didik SMA.
4. Mengetahui keterlaksanaan *e-modul* gelombang cahaya berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis fisika peserta didik SMA.
5. Mengetahui keefektifan *e-modul* gelombang cahaya berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis fisika peserta didik SMA.

F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Produk yang dikembangkan dalam penelitian pengembangan ini adalah produk berupa *e-modul* gelombang cahaya, dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. *E-modul* yang dikembangkan adalah *e-modul* gelombang cahaya berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis fisika peserta didik SMA.
2. *E-modul* didesain dengan *Canva*, *iSpring Suite 11*, *Microsoft Power Point*, *Web 2 Apk Builder Pro*.
3. Jenis produk yang dikembangkan:
 - a. *E-modul* gelombang cahaya yang dikembangkan dirancang dengan model pembelajaran *design thinking* yang dapat memberikan peserta didik ide-ide baru yang dapat menyelesaikan masalah sesuai dengan kebutuhan.
 - b. *E-modul* gelombang cahaya yang dikembangkan difasilitasi dengan simulasi *PhET* di dalamnya yang dapat memberikan pengalaman nyata kepada peserta didik.
 - c. *E-modul* gelombang cahaya yang dikembangkan memanfaatkan teknologi multimedia, seperti gambar, audio, dan video untuk menjelaskan konsep fisika secara detail dan menarik bagi peserta didik.
 - d. *E-modul* gelombang cahaya yang dikembangkan dapat digunakan melalui *smartphone* dan dirancang menjadi menarik dan mudah digunakan oleh peserta didik.

- e. Memuat kegiatan yang membantu peserta didik belajar dan meningkatkan kemampuan representasi matematis untuk memecahkan masalah dalam *e-modul* gelombang cahaya.
4. Bagian-bagian yang terdapat pada *e-modul* gelombang cahaya berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* ini antara lain :
- a. Sampul *e-modul*.
 - b. Info aplikasi
 - c. Identitas pengembang
 - d. Capaian pembelajaran
 - e. Materi pembelajaran
 - f. Kuis (latihan soal)

G. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pihak yang berkepentingan diantaranya sebagai berikut.

1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan serta memberikan inspirasi bagi pembaca dalam merumuskan peluang penelitian pada masa yang akan datang pada bahasan *e-modul* pengembangan laboratorium virtual.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Peneliti

Penelitian ini menambah pengetahuan, memberikan pengalaman serta dapat menjadi rujukan yang relevan untuk melakukan penelitian yang serupa, namun dengan pengembangan inovasi baru.

b. Bagi Guru

Hasil penelitian ini dijadikan sebagai informasi untuk pemilihan model pembelajaran yang cocok, efisien, dan menarik agar meningkatkan efisiensi pembelajaran di kelas.

c. Bagi Peserta Didik

Penelitian ini untuk mempermudah peserta didik dalam belajar serta untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis peserta didik dengan memberikan wawasan dan pengalaman yang baik dalam melaksanakan percobaan praktikum.

d. Bagi Sekolah

Hasil penelitian ini dijadikan sumber informasi untuk mempertimbangkan dan merancang kebijakan terkait pembelajaran khususnya di bidang pembelajaran fisika. Untuk meningkatkan hasil belajar bagi siswa kelas XI pada materi gelombang cahaya semester 2, dimana hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan penawaran baru mengenai keefektifan model pembelajaran yang menggunakan media simulasi *PhET*.

H. Keterbatasan Pengembangan

Penelitian pengembangan ini merupakan penelitian *Research and Development* (RnD) yang menghasilkan produk berupa *e-modul* gelombang cahaya berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis peserta didik. Prosedur pengembangan penelitian ini menggunakan model *design thinking* agar proses pembelajaran

berjalan dengan menarik dan revolusioner sehingga dapat meningkatkan kreativitas dan kemampuan representasi matematis. Serta cocok sebagai alternatif dalam proses pembelajaran agar semakin kreatif dan efektif dengan beberapa penyesuaian.

Subjek penelitian adalah peserta didik kelas XI SMA Al-Islam 1 Surakarta dengan objek penelitian yaitu pengembangan *e-modul* gelombang cahaya berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis peserta didik prosedur pengembangan penelitian ini menggunakan model 4D (*define, design, develop, and disseminate*). Tahap prosedur pengembangan dilakukan 4 tahapan yaitu *define* (pendefesinian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), *disseminate* (penyebaran). Penelitian ini dilakukan sampai uji coba luas dengan tujuan untuk mengetahui kelayakan *e-modul* yang berupa respon terhadap peserta didik.

I. Definisi Istilah

Berdasarkan dari pengembangan pada *e-modul* gelombang cahaya berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis fisika peserta didik SMA, maka definisi istilah dalam pengembangan ini sebagai berikut.

1. *E-modul*

Modul elektronik merupakan bahan ajar yang dirancang secara sistematis berisikan metode, batasan, serta cara mengevaluasi pembelajaran untuk mencapai kompetensi sesuai tingkat kompleksitasnya secara elektronik (Ramadayanty et al., 2021). Dengan sistem berbasis elektronik, *e-modul*

memuat materi pembelajaran berupa teks dan gambar dalam bentuk animasi, metode, evaluasi, grafik, dan video (Padwa & Erdi, 2021). Modul pembelajaran elektronik yang terintegrasi dengan animasi, gambar, dan video diharapkan dapat memberikan pengalaman nyata untuk peserta didik sehingga antara pengetahuan yang dimiliki dengan materi fisika dapat digabungkan dengan baik (Fatimah, Serevina, dan Sunaryo, 2020).

2. *Design Thinking*

Design thinking didefinisikan sebagai proses pemikiran, kemampuan berpikir, inovasi atau proses pengembangan produk baru, alat pemecahan masalah, dan panduan langkah demi langkah untuk sebuah inovasi (Kasri et al., 2021). Model pembelajaran *design thinking* dalam prosesnya berpusat pada peserta didik untuk menyelesaikan masalah dengan cara kreatif dan inovatif. *Design Thinking* sendiri terdiri dari 6 tahapan yaitu mengidentifikasi peluang, desain, membuat prototipe, mendapatkan umpan balik, *scale and spread*, dan presentasi (Azhari, 2020).

3. Simulasi *PhET*

Simulasi *PhET* adalah sebuah media pembelajaran fisika dalam bentuk virtual laboratorium yang memberi kesempatan kepada peserta didik untuk membangun pengetahuannya sendiri (Yulia et al., 2018). Simulasi *PhET* menekankan hubungan antara kehidupan nyata dengan ilmu pengetahuan yang sedang dipelajari sehingga dapat memberikan pemahaman lebih dan umpan balik serta memberikan ruang kepada peserta didik untuk berekspresi (Prihatiningtyas & Jatmiko, 2012). Simulasi *Phet* didapatkan

secara gratis dengan mengunduh di *website* resminya <https://phet.colorado.edu>. Dan dapat digunakan oleh pendidik dan peserta didik baik secara online maupun offline.

4. Kemampuan Representasi Matematis

Representasi merupakan bentuk interpretasi pemikiran peserta didik terhadap suatu masalah, yang digunakan sebagai alat bantu untuk menemukan solusi dari masalah tersebut (Sabirin, 2014). Kemampuan representasi matematis erat kaitannya dengan kemampuan komunikasi dan pemecahan masalah (Ali, 2022). Kemampuan representasi matematis diperlukan peserta didik untuk menemukan dan membuat suatu alat atau cara berpikir dalam mengkomunikasikan gagasan matematis dari yang sifatnya abstrak menuju konkret, sehingga lebih mudah untuk dipahami (Hutagaol, 2013).

Berikut beberapa indikator dari representasi matematis yaitu: (1) Menciptakan dan menggunakan representasi untuk menyusun, merekam, dan mengkomunikasikan ide matematika, (2) Memilih, menggunakan, dan menerjemahkan setiap representasi matematika untuk memecahkan masalah, (3) Menggunakan model penyajian dan menginterpretasikan secara fisik, sosial, dan fenomena matematika (Lisarani & Qohar, 2021).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini menghasilkan produk berupa *e-modul* berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* pada materi gelombang cahaya untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis peserta didik. Produk yang dikembangkan berdasarkan pada analisis kurikulum, analisis karakteristik peserta didik, analisis materi, dan perumusan tujuan pembelajaran di SMA Al-Islam 1 Surakarta. Dari hasil tersebut maka dilanjutkan dengan pemilihan bahan ajar berupa *e-modul* berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* pada materi gelombang cahaya untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis peserta didik.
2. Kelayakan dari *e-modul* ini berdasarkan pada penilaian ahli media, ahli materi dan guru fisika SMA. Dimana, untuk penilaian ahli media dan ahli materi memperoleh skor dengan kriteria sangat layak sedangkan penilaian guru fisika mendapatkan skor dengan kriteria sangat layak. Dengan rerata skor masing-masing sebesar 4,45; 4,33; dan 4,44.
3. Respon peserta didik dalam uji coba terbatas terhadap *e-modul* berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* pada materi gelombang cahaya untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis peserta didik adalah sangat layak dengan rata-rata skor 4,50.

4. Keterlaksanaan dari *e-modul* berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* pada materi gelombang cahaya untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis peserta didik berdasarkan nilai dari observer adalah sangat baik dengan skor 89 dan respon peserta didik pada uji coba luas sebesar 4,60 dengan kriteria sangat setuju.
5. Keefektifan didapatkan dari hasil nilai *N-Gain* pada kelas eksperimen sebesar 0,4789 kriteria sedang.

B. Keterbatasan Pengembang

Penelitian pengembangan ini memiliki keterbatasan penelitian yaitu pada tahap uji coba terbatas dan uji coba luas untuk mengetahui keterlaksanaan pembelajaran berdasarkan pada observer, respon peserta didik, dan perbedaan hasil belajar kelas kontrol dan kelas eksperimen. Dalam mengetahui keefektifan dari pembelajaran menggunakan *e-modul*, karakteristik peserta didik harus sesuai.

C. Saran Pemanfaatan dan Pengembangan Produk Lebih Lanjut

1. Saran Pemanfaatan

Peneliti berharap agar hasil dari pengembangan *e-modul* berbasis *design thinking* berbantuan simulasi *PhET* pada materi gelombang cahaya untuk memfasilitasi kemampuan representasi matematis peserta didik dapat menjadi salah satu referensi bahan ajar dalam pembelajaran fisika. Melalui aplikasi ini peneliti berharap pembelajaran fisika dapat berjalan dengan lebih baik lagi kedepannya.

2. Pengembangan Produk Lebih Lanjut

Penelitian yang dilakukan peneliti hanya sebatas untuk mengetahui keterlaksanaan dan respon peserta didik. Sehingga penelitian selanjutnya dapat dilakukan untuk menguji peningkatan dari pembelajaran dengan menggunakan *e-modul*, pengembangan dapat dilakukan juga dari materi fisika yang lain atau dengan menambahkan fitur baru agar diperoleh *e-modul* yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- Aisyah, O. N., & Sudarti, S. (2021). Analisis kemampuan multirepresentasi verbal dan gambar pada mahasiswa pendidikan fisika dalam memahami konsep reaksi inti matahari. *Silampari Jurnal Pendidikan Ilmu Fisika*, 3(1), 29–37.
- Ali, A. M. (2022). Kemampuan matematis pada materi program linear. *In Prosiding Seminar Pendidikan Matematika Dan Matematika*, (Vol. 6).
- Alifah, S. (2021). Peningkatan kualitas pendidikan di Indonesia untuk mengejar ketertinggalan dari negara lain. *CERMIN : Jurnal Penelitian*, 5(1), 113–123.
- Annisa, I. (2020). *Modul pembelajaran SMA fisika gelombang bunyi dan cahaya*. Direktorat SMA, Direktorat Jenderal PAUD, DIKDAS dan DIKMEN .
- Aprianto, M. T. P., Kuswandi, D., & Soepriyanto, Y. (2023). Memperkuat keterampilan berpikir kreatif melalui model pembelajaran proyek berlandaskan metode design thinking. *Teknologi Pendidikan*, 6(3), 132–142.
- Arfani, L. (2018). Mengurai hakikat pendidikan, belajar dan pembelajaran. *Pelita Bangsa Pelestari Pancasila*, 11(2), 81–97.
- Arikunto, A. (2012). *Prosedur penelitian suatu pendekatan praktik*. Rineka Cipta.
- Aryanto, B., Hariono, A., & Pahalawidi, C. (2018). Construct validity for talent identification test athletic with aiken's v. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 278, 647–649.
- Azhari, I. (2020). *Penerapan design thingking dalam pendidikan dan tantangannya*.
- Badriyah, B., Setiyo, R. D., El Firdausi, Z., Nuqia, K., Mahardika, I. K., & Baktiarso, S. (2023). Manfaat PhET simulasi dalam menopang sarana dan prasarana laboratorium fisika untuk meningkatkan minat belajar siswa. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(2), 84–90.
- Budiyanto, J. (2009). *Buku fisika SMA kelas XII*. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Bunawan, W., Setiawan, A., & Rusli, A. (2015). Penilaian pemahaman representasi grafik materi optika geometri menggunakan tes diagnostik. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 34(2), 257–267.
- Chodijah, S., Fauzi, A., & Ratnawulan, R. (2012). Pengembangan perangkat pembelajaran fisika menggunakan model guided Inquiry yang dilengkapi penilaian portofolio pada materi gerak melingkar. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 1(1), 1–19.

- Effendi, L. A. (2012). Pembelajaran matematika dengan metode penemuan terbimbing untuk meningkatkan kemampuan representasi dan pemecahan masalah matematis siswa SMP. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 13(2), 1–4.
- Ekawati, M. (2019). Teori belajar menurut aliran psikologi kognitif serta implikasinya dalam proses belajar dan pembelajaran. *E-TECH: Jurnal Ilmiah Teknologi Pendidikan*, 7(2), 391960.
- Elisa, E., Mardiyah, A., & Ariaji, R. (2017). Peningkatan pemahaman konsep fisika dan aktivitas mahasiswa melalui PhET simulation. *PeTeKa*, 1(1), 15–19.
- Fahrudin, R., & Ilyasa, R. (2021). Perancangan aplikasi “Nugas” menggunakan metode design thinking dan agile development. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan (JITTER)*, 8(1), 36–38.
- Fahyuni, E. F., & Istikomah, I. (2016). *Psikologi belajar & mengajar (kunci sukses guru dalam interaksi edukatif)*. 19–30.
- Faizah, S. N. (2017). Hakikat belajar dan pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah*, 1(2), 179–180.
- Fajri, K., & Taufiqurrahman, T. (2017). Pengembangan buku ajar menggunakan model 4D dalam peningkatan keberhasilan pembelajaran pendidikan agama islam. *Jurnal Pendidikan Islam Indonesia*, 2(1), 6–14.
- Fatimah, F., & Ulfa, N. M. (2022). Uji pemahaman konsep mahasiswa pendidikan biologi pada materi fisika dasar dengan soal kontekstual dan nonkontekstual. *EDUSAINTEK: Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 9(3), 583–584.
- Fatimah, S., Serevina, V., & Sunaryo, S. (2020). Pengembangan modul elektronik fisika berbasis i-sets berbantuan articulate storyline pada materi gelombang cahaya. *In Prosiding Seminar Nasional Fisika (e-Journal)*, (9), 15–17.
- Fausih, M., & T, D. (2015). *Pengembangan media e-modul mata pelajaran produktif pokok bahasan “Instalasi Jaringan LAN (Local Area Network)” untuk siswa kelas XI jurusan teknik komputer jaringan di SMK Negeri 1 Labang Bangkalan Madura*. 1, 1–9.
- Febriansari, D., Sarwanto, S., & Yamtinah, S. (2022). Konstruksi model pembelajaran STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) dengan pendekatan design thinking pada materi energi terbarukan. *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*, 8(2), 191–193.
- Fitri, S. F. N. (2021). Problematika kualitas pendidikan di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 5(1), 1617–1618.
- Harun, M., Sutopo, & Kusairi, S. (2016). Analisis kemampuan representasi siswa pada pokok bahasan fluida. *Pros. Semnas Pend. IPA Pascasarjana UM*, 1.

- Hisbullah, S. P., & Selvi, N. (2018). *Pembelajaran ilmu pengetahuan alam di Sekolah Dasar*. Penerbit Aksara Timur.
- Hutagaol, K. (2013). Pembelajaran kontekstual untuk meningkatkan kemampuan representasi matematis siswa Sekolah Menengah Pertama. *Infinity Journal*, 2(1), 85–99.
- Hwang, Dung, & Yang. (2007). Multiple Representation Skills and Creativity Effects on Mathematical Problem Solving using a Multimedia Whiteboard System. *Educational Technology & Society*, 10(2), 191–212.
- Ismail, I., Permanasari, A., & Setiawan, W. (2021). Efektivitas virtual lab berbasis STEM dalam meningkatkan literasi sains siswa dengan perbedaan gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 195–200.
- Kasri, M. A., Novan, Y., & Ramadhani, I. A. (2021). Penerapan model design thinking pada pengembangan media pembelajaran berbasis macro media flash. *Jurnal PETISI (Pendidikan Teknologi Informasi)*, 2(2), 60–71.
- Kurniawan, R. A., Rifa'i, M. R., & Fajar, D. M. (2020). Analisis kemenarikan media pembelajaran PhET berbasis virtual lab pada materi listrik statis selama perkuliahan daring ditinjau dari perspektif mahasiswa. *VEKTOR: Jurnal Pendidikan IPA*, 1(1), 19–22.
- Laraphaty, N. F. R., Riswanda, J., Anggun, D. P., Maretha, D. E., & Ulfa, K. (2021). Pengembangan media pembelajaran modul elektronik (e-modul). *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, 4(1), 145–156.
- Lazuardi, M. L., & Sukoco, I. (2019). Design thinking David Kelley & Tim Brown: otak dibalik penciptaan aplikasi gojek. *Jurnal Saintifik Manajemen Dan Akuntansi*, 2(1), 3–6.
- Lestari, Karunia, & Yudhanegara. (2015). Penelitian Pendidikan Matematika. *PT. Refika Aditama*.
- Lestari, S. (2018). Peran teknologi dalam pendidikan di era globalisasi. *EDURELIGIA : Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 2(2), 94–100.
- Lisarani, V., & Qohar, A. (2021). Representasi matematis siswa SMP kelas 8 dan siswa SMA kelas 10 dalam mengerjakan soal cerita. *Jurnal Magister Pendidikan Matematika (JUMADIKA)*, 3(1), 1–7.
- Listiantomo, D. P., & Dwikoranto, D. (2023). Implementasi model inkuiri terbimbing berbantuan virtual lab untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi gelombang cahaya. *PENDIPA Journal of Science Education*, 7(2), 274–281.

- Mahendra, N. R., Mulyono, M., & Isnarto. (2019). Kemampuan representasi matematis dalam model pembelajaran somatic, auditory, visualization, intellectually (SAVI). *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 2, 287–292.
- Mahirah, B. (2017). Evaluasi belajar peserta didik (siswa). *Idaarah: Jurnal Manajemen Pendidikan*, 1(2), 257–266.
- Makkawaru, M. (2019). Pentingnya pendidikan bagi kehidupan dan pendidikan karakter dalam dunia pendidikan. *Jurnal Konsepsi*, 8(3), 116–119.
- Malik, A., & Chusni, M. M. (2018). *Pengantar statistika pendidikan: teori dan aplikasi*.
- Malina, I., Yuliani, H., & Syar, N. I. (2021). Analisis kebutuhan e-modul fisika sebagai bahan ajar berbasis PBL di MA Muslimat NU. *Silampari Jurnal Pendidikan Ilmu Fisika*, 3(1), 71–73.
- Minarni, Napitupulu, & Husein. (2016). Mathematical understanding and representation ability of public junior high school in north sumatra. *Journal on Mathematics Education*, 7(1), 45–58.
- Mulyatiningsih, E. (2016, September). *Pengembangan model pembelajaran*. Di Akses Dari [Http://Staff. Uny. Ac. Id/Sites/Default/Files/Pengabdian/Dra-Endang-Mulyatiningsih-Mpd/7cpengembangan-Model-Pembelajaran. Pdf](http://Staff.Uny.Ac.Id/Sites/Default/Files/Pengabdian/Dra-Endang-Mulyatiningsih-Mpd/7cpengembangan-Model-Pembelajaran.Pdf).
- Murdani, E. (2020). Hakikat fisika dan keterampilan proses sains. *Jurnal Filsafat Indonesia*, 3(3), 72–80.
- Nofianti, R. (2023). *Desain e-modul fisika berbasis pendekatan CTL berbantuan PhET simulation pada materi gelombang bunyi dan cahaya untuk SMA/MA*. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam.
- Novalita, R. (2019). Perbandingan pendidikan negara Belgia dengan negara Indonesia. *Jurnal Spasial*, 4, 75–84.
- Oksa, S., & Soenarto, S. (2020). Pengembangan e-modul berbasis proyek untuk memotivasi belajar siswa sekolah kejuruan. *Jurnal Kependidikan*, 4(1), 99–111.
- Oktavio, A., Indrianto, A. T., & Padmawidjaja, L. (2022). Model pembelajaran design thinking untuk pengembangan desa wisata studi kasus Desa Peniwen. *Jurnal Ilmiah Manajemen Bisnis Dan Inovasi Universitas Sam Ratulangi (JMBI UNSRAT)*, 9(3), 1324–1334.
- Oktiani, I. (2017). Kreativitas guru dalam meningkatkan motivasi belajar peserta didik. *Jurnal Kependidikan*, 5(2), 216–232.
- Padwa, T. R., & Erdi, P. N. (2021). Penggunaan e-modul dengan sistem project based learning. *Jurnal Vokasi Informatika (JAVIT)*, 21–25.

- Prahani, B. K., Soegimin, W. W., & Yuanita, L. (2015). Pengembangan perangkat pembelajaran fisika model inkuiri terbimbing untuk melatih kemampuan multirepresentasi siswa SMA. *JPPS (Jurnal Penelitian Pendidikan Sains)*, 4(2), 503–507.
- Pratama, D. R., Widiyatmoko, A., & Wusqo, I. U. (2016). Pengaruh penggunaan modul kontekstual berpendekatan SETS terhadap hasil belajar dan kemandirian peserta didik Kelas VII SMP. *Unnes Science Education Journal*, 5(3), 1366–1368.
- Prihatiningtyas, S., Prastowo, T., & Jatmiko, B. (2012). Implementasi simulasi PhET dan KIT sederhana untuk mengajarkan keterampilan psikomotor siswa pada pokok bahasan alat optik. *Economic Education Analysis Journal*, 2(1), 18–22.
- Purnama, S. (2016). Metode penelitian dan pengembangan (pengenalan untuk mengembangkan produk pembelajaran bahasa arab). *Literasi: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(1), 20–28.
- Puspitasari, R., Hamdani, D., & Risdianto, E. (2020). Pengembangan e-modul berbasis HOTS berbantuan flipbook marker sebagai bahan ajar alternatif siswa SMA. *Jurnal Kumparan Fisika*, 3(3), 247–254.
- Putri, H. E., Muqodas, I., Wahyudy, M. A., Abdulloh, A., Sasqia, A. S., & Afita, L. A. N. (2020). Kemampuan-kemampuan matematis dan pengembangan instrumennya. *UPI Sumedang Press*, 32–39.
- Putri, H. K., Indrawati, I., & Mahardika, I. K. (2016). Model pembelajaran inkuiri terbimbing disertai teknik peta konsep dalam pembelajaran fisika di SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4(4), 321–326.
- Ramadayanty, M., Sutarno, S., & Risdianto, E. (2021). Pengembangan e-modul fisika berbasis multiplerepresentation untuk melatih keterampilan pemecahan masalah siswa. *Jurnal Kumparan Fisika*, 4(1), 17–24.
- Rangkuti, A. N. (2013). Representasi matematis. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pendidikan Dan Sains*, 1(2), 50–52.
- Rizaldi, D. R., Jufri, A. W., & Jamaluddin. (2020). PhET: simulasi interaktif dalam proses pembelajaran fisika. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(1), 10–14.
- Sabirin, M. (2014). Representasi dalam pembelajaran matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 33–35.
- Saroji, A., Ertikanto, C., & Wahyudi, I. (2017). Pengaruh skill representasi grafis terhadap penguasaan konsep fisika melalui model inkuiri terbimbing. 102–104.

- Sidik, F., & Kartika, I. (2020). Pengembangan E-Modul dengan Pendekatan Problem Based Learning untuk Peserta Didik SMA/MA Kelas XI Materi Gejala Gelombang. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 11(2), 185–201.
- Simbolon, D. H. (2015). Pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis eksperimen riil dan laboratorium virtual terhadap hasil belajar fisika siswa. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 21(3), 299–316.
- Sirait, J. (2010). Multirepresentasi Siswa SMA dalam Pemecahan Masalah Kinematika Gerak Lurus. *FKIP UNTAN*.
- Siswono, T. Y. E. (2017). Meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa melalui pengajuan masalah dan pemecahan masalah matematika. *Makalah Simposium Nasional*, 1–7.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kuantitatif dan RnD*. Alfabeta.
- Sukardjo, S. (2008). *Kumpulan materi evaluasi pembelajaran prodi teknologi pembelajaran*. PPS UNY.
- Suliani, M. (2020). Persepsi siswa terhadap penggunaan alat peraga dalam pembelajaran matematika. *SJME (Supremum Journal of Mathematics Education)*, 4(1), 92–100.
- Supriadi, H. (2016). Peranan pendidikan dalam pengembangan diri terhadap tantangan era globalisasi. *Jurnal Ilmiah Prodi Manajemen Universitas Pamulang*, 3(2), 92–119.
- Susilawati, S., Pramusinta, P., & Saptaningrum, E. (2020). Penguasaan konsep siswa melalui sumber belajar e-modul gerak lurus dengan software flipbook maker. *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, 9(1), 36–43.
- Sutianah, D. C., PD, S., & PD, M. (2022). *Belajar dan pembelajaran*. Penerbit Qiara Media.
- Syadzili, M., F. R., & Zulfas, F. (2022). Strategi merealisasikan pendidikan dasar islam yang kompetitif di MI Perwanida Blitar. *Tasyri` : Jurnal TarbiyahSyari`ah-Islamiah*, 29(1), 30–31.
- Theasy, Y., Wiyanto, W., & Sujarwata, S. (2018). Multirepresentation ability of students on the problem solving physics. *Nternational Conference on Mathematics, Science and Education*.
- Umar, M. A. (2018). Penerapan pendekatan saintifik dengan metode pembelajaran berbasis proyek (project-based learning) dalam materi ekologi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 4(2), 1–12.

- Verdian, F., Jadid, M. A., & Rahmani, M. N. (2021). Studi penggunaan media simulasi PhET dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 4(1), 39–44.
- Wahyuni, S., Lesmono, A. D., & S, F. (2012). Pengembangan petunjuk praktikum fisika berbasis laboratorium virtual pada pembelajaran fisika di SMP/MTs. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 1.
- Wiryanto. (2012). Representasi Siswa dalam Pemahaman Konsep. *Prosiding Seminar Nasional FMIPA UNY*.
- Wulandari, A., Yektyastuti, R., & Effane, A. (2023). Pengaruh model pembelajaran project-based learning berbasis STEM design thinking terhadap keterampilan berpikir kritis siswa Sekolah Dasar. *National Conference of Islamic Natural Science*, 3, 228–239.
- Yulia, I., Connie, C., & Risdianto, E. (2018). Pengembangan LKPD berbasis inquiry berbantuan simulasi PhET untuk meningkatkan penguasaan konsep gelombang cahaya di kelas XI MIPA SMAN 2 Kota Bengkulu. *Jurnal Kumparan Fisika*, 1, 64–70.

