

**PENGEMBANGAN E-MODUL FISIKA INTERAKTIF TERINTEGRASI
VIDEO EKSPERIMEN DAN SIMULASI PHET UNTUK
MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP DAN LITERASI DIGITAL
PADA MATERI SUHU DAN KALOR**

SKRIPSI

untuk Memenuhi sebagian syarat memperoleh Derajat Sarjana S-1 Program Studi
Pendidikan Fisika



Diajukan oleh :

Nadiya Afifah Afra Salsabila

22104050014

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

2026

PENGESAHAN TUGAS AKHIR



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-2439/Un.02/DT/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : PENGEMBANGAN E-MODUL FISIKA INTERAKTIF TERINTEGRASI VIDEO
EKSPERIMEN DAN SIMULASI PHET UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN
KONSEP DAN LITERASI DIGITAL PADA MATERI SUHU DAN KALOR

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : NADIYA ATIFAH AFRA SALSABILA
Nomor Induk Mahasiswa : 22104050014
Telah diujikan pada : Rabu, 22 Juli 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Kenna Sidang
Joko Purwanto, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6a63e807b6f95



Penguji I
Drs. Nur Untoro, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6a713c205585d



Penguji II
Ari Cahya Mawardi, M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 6a7008b9abd70



Yogyakarta, 22 Juli 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 6a7157dc7d460

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nadiya Afifah Afra Salsabila
NIM : 22104050014
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 Fisika Interaktif Terintegrasi Video Eksperimen dan Simulasi PhET untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Literasi Digital pada Materi Suhu dan Kalor” 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 sepenuhnya menjadi tanggungjawab penulis.

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

Yogyakarta, 16 Juli 2026

Yang menyatakan,



Nadiya Afifah Afra Salsabila
NIM. 22104050014

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Hal : Permohonan Pengajuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : Satu Bandel Skripsi

Kepada:

Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Di Tempat

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

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

Nama : Nadiya Afifah Afra Salsabila

NIM : 22104050014

Judul Skripsi : Pengembangan E-modul Fisika Interaktif Terintegrasi Video

Ekspirimen dan Simulasi PhET untuk Meningkatkan Pemahaman

Konsep dan Literasi Digital pada Materi Suhu dan Kalor

Sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Pendidikan Fisika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir mahasiswa tersebut dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatian Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 13 Juli 2026

Pembimbing,


Joko Purwanto, S.Si., M.Sc.

NIP. 19820306 200912 1 002

MOTTO

وَصَلَا لَدَرْبِ عَلَى سَارَ مَنْ

“Barang siapa yang berjalan di jalan-Nya, niscaya Ia akan sampai”.

“Jangan pernah putus asa sebelum mencoba, yakinlah bahwa setiap kesulitan pasti ada kemudahan”

(Ibu Setiyani)

“Angan-angan yang dulu mimpi belaka, kita gapai segala yang tak disangka”

(Hindia)

“Tak ada proses yang hasilnya instan, maka nikmati segala proses hidupmu dan petiklah hasilnya.”

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil ‘Alamin

Atas berkat dan rahmat dari Allah SWT, akhirnya tugas akhir ini dapat diselesaikan. Semua tidak lepas dari pertolongan-Nya yang selalu hadir di setiap langkah dan setiap doa yang terucap.

Tugas akhir ini penulis persembahkan kepada Bapak, Ibu, dan Adik tercinta yang selalu menjadi sumber kekuatan untuk terus berusaha menyelesaikan tanggungjawab. Terima kasih atas kasih sayang yang tulus, doa yang tak pernah terhenti terucap, serta pengorbanan yang begitu luar biasa selama ini. Tanpa adanya dukungan serta doa kalian, mungkin perjalanan ini akan terasa begitu berat. Semoga karya sederhana ini bisa menjadi bahan kebanggaan dan sebagai wujud bakti penulis.



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan E-Modul Fisika Interaktif Terintegrasi Video Eksperimen dan Simulasi PhET untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Literasi Digital pada Materi Suhu dan Kalor” dengan sebaik-baiknya.

Perjalanan menyusun skripsi ini bukanlah sesuatu yang mudah, ada kalanya rasa lelah, bingung, dan ingin menyerah datang. Terima kasih diucapkan kepada semua pihak yang selalu memberikan dukungan, doa, dan bantuan di setiap tahap proses ini. Atas segala bentuk dukungan, doa, dan bantuan, penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan adik penulis, Bapak Lamidi, Ibu Setiyani, dan Adik Habib Tahiyudin Hizbulloh.
2. Prof. Noorhaidi Hasan, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Prof. Dr. Sigit Purnama, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Iva Nandya Atika, M.Ed., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Himawan Putranta, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan arahan dari awal perkuliahan hingga akhir.
6. Joko Purwanto, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Skripsi. Terima kasih atas dedikasi serta ketulusan dalam memberikan arahan, bimbingan, motivasi, serta ilmunya dalam penyusunan skripsi ini.
7. Drs. Nur Untoro, M.Si., selaku Dosen Penguji I dan Ari Cahya Mawardi, M.Pd., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran, kritik, dan catatan yang membangun untuk penyempurnaan skripsi ini.

8. Segenap dosen Program Studi Pendidikan Fisika, dosen dan karyawan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan yang telah memberikan ilmu serta bantuan administrasi.
9. Dr. Semiono Raharjo, S.Pd., M.Pd.Si. dan MY Retna Tinon Kawuri, M.Pd. selaku guru fisika di SMAN 1 Piyungan, terima kasih atas perizinan, arahan, dan bimbingannya selama penelitian.
10. Dinta Rahma Diya, teman satu bimbingan yang selalu bersama dalam setiap proses, saling menyemangati dan saling menguatkan hingga selesai.
11. Wylla Agustiningrum dan Aisyah Nur Aini, teman penulis dari awal perkuliahan hingga kini, yang selalu saling menyemangati dan menguatkan.
12. Sahabat PSU Aulia, Luthfi Elma Sintiya, Umu Salumita Sari, dan Priandina Ramadhania Istiningrum.
13. Teman-teman dari Program Studi Pendidikan Fisika Angkatan 2022.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu per satu yang telah memberikan bantuan, doa, maupun motivasi kepada penulis.
15. Terakhir penulis ucapkan kepada Nadiya Afifah Afra Salsabila, yaitu diri saya sendiri yang tetap memilih untuk menuntaskan tanggungjawab yang telah dimulai. Terima kasih sudah mampu melawan ketakutan selama proses ini.

Semoga segala bentuk bantuan yang telah diberikan semua pihak di atas menjadi amal jariyah yang bermanfaat dan mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai perbaikan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak serta dapat dijadikan referensi sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 16 Mei 2026

Penulis



Nadiya Afifah Afra Salsabila

NIM. 22104050014

**PENGEMBANGAN E-MODUL FISIKA INTERAKTIF TERINTEGRASI
VIDEO EKSPERIMEN DAN SIMULASI PHET UNTUK
MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP DAN LITERASI DIGITAL
PADA MATERI SUHU DAN KALOR**

Nadiya Afifah Afra Salsabila

22104050014

INTISARI

Penelitian ini difokuskan untuk mengembangkan e-modul fisika interaktif terintegrasi video eksperimen dan simulasi PhET untuk mengetahui kevalidan e-modul menurut para ahli, mengetahui kepraktisan e-modul menurut respon peserta didik dan penilaian guru fisika, dan mengetahui peningkatan pemahaman konsep serta literasi digital setelah menggunakan produk yang dikembangkan.

Penelitian ini merupakan penelitian R&D dengan menggunakan model 4D (*Define, Design, Develop, Disseminate*). Instrumen penelitian yang digunakan meliputi lembar validasi instrumen, lembar penilaian kualitas produk, lembar respon peserta didik, tes pretest dan posttest pemahaman konsep, serta angket self-*assesment* dan lembar observasi literasi digital. Penilaian produk dilakukan oleh dua ahli materi dan dua ahli media. Uji coba dilakukan melalui uji coba terbatas kepada 10 peserta didik dan 1 guru fisika mengenai kepraktisan produk serta uji coba luas kepada 36 peserta didik XI E3 SMAN 1 Piyungan. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif menggunakan skor validasi, persentase, dan uji N-gain.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kevalidan E-Modul Fisika Interaktif terintegrasi Video Eksperimen dan Simulasi PhET termasuk kategori valid menurut ahli materi (skor 4,4) dan ahli media (skor 4,78), hasil tersebut berarti materi yang disusun tidak menimbulkan miskonsepsi dan media yang disusun dari segi tampilan dan desain sudah sangat baik dan sesuai. Kepraktisan E-Modul Fisika Interaktif terintegrasi Video Eksperimen dan Simulasi PhET termasuk kategori sangat praktis menurut respon peserta didik (skor 98%) dan guru fisika (skor 80%) yang mana menunjukkan bahwa e-modul sudah sesuai dengan karakteristik salah satunya user

friendly. Uji coba luas menghasilkan peningkatan pemahaman konsep dan literasi digital peserta didik dengan peningkatan skor pretest posttest sebesar 0,66 dengan kategori sedang, kemampuan literasi digital peserta didik melalui self-assesment mengalami peningkatan pada 7 aspek yang diukur dengan peningkatan tertinggi pada aspek pencarian dan seleksi informasi serta dikonfirmasi melalui hasil observasi bahwa dengan menggunakan E-modul peserta didik mampu melakukan 7 aspek literasi digital.

Kata kunci: E-Modul Interaktif, Video Eksperimen, Simulasi PhET, Pemahaman Konsep, Kemampuan Literasi Digital.



**PENGEMBANGAN E-MODUL FISIKA INTERAKTIF TERINTEGRASI
VIDEO EKSPERIMEN DAN SIMULASI PHET UNTUK
MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP DAN LITERASI DIGITAL
PADA MATERI SUHU DAN KALOR**

Nadiya Afifah Afra Salsabila

22104050014

ABSTRACT

This study focuses on developing an interactive physics e-module that integrates video experiment and PhET simulations to determine the e-module's validity according to experts, its practicality based on student responses and physics teacher assessments, and the improvement in conceptual understanding and digital literacy following the use of the developed product.

This study is a Research and Development (R&D) project employing the 4D model (Define, Design, Develop, Disseminate). The research instruments included instrument validation sheets, product quality assessment sheets, student response sheets, pre- and post-tests for conceptual understanding, self-assessment questionnaires, and digital literacy observation sheets. Product assessment was conducted by two subject matter experts and two media experts. Trials were carried out in two stages: a limited trial involving 10 students and one physics teacher to assess product practicality, followed by an extensive trial involving 36 students from class XI F3 at SMAN 1 Piyungan. Data were analyzed using quantitative descriptive methods, utilizing validation scores, percentages, and the N-gain test.

The research results show that the validity of the Interactive Physics E-Module, which integrates video experiments and PhET simulations, falls into the “valid” category according to subject matter experts (score of 4.4) and media experts (score of 4.78). These results indicate that the developed content does not lead to misconceptions and that the media, in terms of appearance and design, is of high quality and appropriate. The practicality of the Interactive Physics E-Module, which integrates video experiments and PhET simulations, was rated as “very

practical” based on feedback from students (98%) and physics teachers (80%), indicating that the e-module aligns with its user-friendly design. The large-scale pilot study resulted in improved conceptual understanding and digital literacy among students, with a pretest-posttest score increase of 0.66, classified as moderate. Students’ digital literacy skills, as assessed through self-assessment, improved across the seven measured aspects, with the greatest improvement observed in the aspect of information search and selection. This was further confirmed by observational findings showing that, by using the e-module, students were able to demonstrate proficiency in all seven aspects of digital literacy.

Keywords: Interactive E-Module, Videos Experiment, PhET Simulations, Conceptual Understanding, Digital Literacy Skills



DAFTAR ISI

PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iii
PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
INTISARI	ix
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	xviii
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	8
C. Batasan Masalah.....	8
D. Rumusan Masalah.....	9
E. Tujuan Penelitian	9
F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan	10
G. Manfaat Penelitian	10
H. Keterbatasan Pengembangan	11
I. Definisi Istilah.....	11
BAB II LANDASAN TEORI	13

A. Kajian Teori	13
1. E-Modul Interaktif.....	13
2. Video Eksperimen	17
3. Simulasi PhET	19
4. Pemahaman Konsep	20
5. Literasi Digital.....	22
6. Materi Suhu dan Kalor	25
B. Kajian Penelitian yang Relevan	35
C. Kerangka Berpikir	37
BAB III METODE PENELITIAN	39
A. Model Pengembangan.....	39
B. Prosedur Pengembangan	39
C. Uji Coba Produk.....	46
D. Teknik Pengumpulan Data dan Instrumen Pengumpulan Data	47
E. Teknik Analisis Data.....	63
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	71
A. Hasil Penelitian	71
B. Pembahasan.....	88
BAB V PENUTUP.....	104
A. Kesimpulan	104
B. Keterbatasan Penelitian.....	105
C. Saran.....	105
DAFTAR PUSTAKA.....	106
LAMPIRAN.....	106

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Indikator Literasi Digital.....	23
Tabel 2.2 Skala Derajat Setiap Termometer	26
Tabel 2.3 Konversi Skala Setiap Termometer	27
Tabel 3. 1 Skema One Group Pretest Posttest Design	46
Tabel 3. 2 Kisi-kisi Instrumen Pemahaman Konsep.....	50
Tabel 3. 3 Pedoman Wawancara.....	51
Tabel 3. 4 Kisi-kisi Instrumen Validasi Instrumen	52
Tabel 3. 5 Kisi-kisi Instrumen Validasi Instrumen Angket Literasi Digital	53
Tabel 3. 6 Kisi-kisi Instrumen Validasi Instrumen Lembar Observasi.....	54
Tabel 3. 7 Kisi-kisi Instrumen Validasi Materi	56
Tabel 3. 8 Kisi-kisi Instrumen Validasi Media	57
Tabel 3. 9 Kisi-kisi Instrumen Kepraktisan Untuk Guru	58
Tabel 3. 10 Kisi-kisi Instrumen Respon Peserta Didik	58
Tabel 3. 11 Kisi-kisi Instrumen Angket Literasi Digital	60
Tabel 3. 12 Kisi-kisi Lembar Observasi	61
Tabel 3. 13 Kriteria Pemberian Skor Validasi	64
Tabel 3. 14 Kriteria Kevalidan.....	64
Tabel 3. 15 Pedoman Skor Penilaian	65
Tabel 3. 16 Skala Persentase Kepraktisan.....	66
Tabel 3. 17 Skor Jawaban Skala Guttman	66
Tabel 3. 18 Tabel Aiken's V	67
Tabel 3. 19 Ketentuan Nilai Validitas Empiris	68
Tabel 3. 20 Ketentuan Nilai Alpha Cronbach.....	68
Tabel 3. 21 Kategori Tingkat Kesukaran	68
Tabel 3. 22 Kategori Daya Beda	69
Tabel 3. 23 Kriteria N-Gain	70
Tabel 3. 24 Kategori Keterlaksanaan	70
Tabel 4. 1 Kritik dan Saran Validator Ahli Materi	74
Tabel 4. 2 Kritik dan Saran Validator Ahli Media.....	75

Tabel 4. 3 Data Hasil Penilaian Ahli Materi	76
Tabel 4. 4 Kritik dan Saran Penilaian oleh Ahli Materi.....	77
Tabel 4. 5 Data Hasil Penilaian Ahli Media	77
Tabel 4. 6 Kritik dan Saran Penilai Ahli Media.....	78
Tabel 4. 7 Hasil Validitas Isi Instrumen.....	79
Tabel 4. 8 Hasil Validitas Empiris Butir Soal.....	80
Tabel 4. 9 Hasil Daya Beda Butir Soal	80
Tabel 4. 10 Hasil Analisis Tingkat Kesukaran	81
Tabel 4. 11 Hasil Reliabilitas Butir Soal.....	82
Tabel 4. 12 Hasil Validasi Instrumen Angket.....	82
Tabel 4. 13 Hasil Validasi Lembar Observasi	83
Tabel 4. 14 Hasil Data Respon Peserta Didik.....	84
Tabel 4. 15 Data Hasil Penilaian Guru Fisika.....	85
Tabel 4. 16 Data Hasil Uji Peningkatan Pemahaman Konsep	86
Tabel 4. 17 Data Hasil Peningkatan Keterampilan Literasi Digital.....	86
Tabel 4. 18 Data Hasil Keterlaksanaan	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skala Termometer	26
Gambar 2.2 Desain Kerangka Berpikir	39
Gambar 3.1 Skema Penelitian Pengembangan	41
Gambar 4.1 Sampul E-Modul	78
Gambar 4.2 Uraian Materi dalam E-Modul	102
Gambar 4.3 Video Eksperimen dalam E-Modul	103
Gambar 4.4 Aktivitas Peserta Didik pada Video Eksperimen	103
Gambar 4.5 Simulasi PhET	105
Gambar 4.6 Soal Evaluasi	106
Gambar 4.7 LKPD Pencarian dan Seleksi Informasi	108



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Identitas Validator dan Penilai	106
Lampiran 2. Lembar Validasi Produk	108
Lampiran 3. Lembar Penilaian Produk	112
Lampiran 4. Validasi Instrumen	116
Lampiran 5. Respon Peserta Didik	117
Lampiran 6. Penilaian Guru Fisika	117
Lampiran 7. Soal Tes Pemahaman Konsep	118
Lampiran 8. Angket Literasi Digital	121
Lampiran 9. Penilaian Observer	123
Lampiran 10. Dokumentasi Kegiatan	128
Lampiran 11. Curriculum Vitae	129



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa perubahan besar dalam dunia pendidikan, khususnya dalam pembelajaran di sekolah. Perubahan digital mendorong pergeseran dari pendekatan tradisional menuju pembelajaran yang lebih interaktif dan berorientasi pada peserta didik (*student centered learning*) melalui pemanfaatan teknologi digital interaktif (Maryati, 2026). Pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaborasi, komunikasi, serta literasi sebagai kompetensi dalam menghadapi perkembangan global (Ramadhan dkk, 2025). Dalam konteks pembelajaran fisika, penggunaan teknologi digital menjadi sangat penting karena banyak konsep fisika yang bersifat abstrak dan sulit dipahami apabila hanya dijelaskan secara verbal (Sriyani dkk, 2023).

Perkembangan teknologi pendidikan juga menuntut peserta didik memiliki kemampuan literasi digital yang baik. Hal tersebut sesuai dengan Permendikbud Nomor 23 Tahun 2015 tentang Penumbuhan Budi Pekerti yang mewajibkan sekolah mengembangkan enam literasi dasar, dimana salah satunya yaitu literasi digital. Literasi digital menurut UNESCO melalui DLGF merupakan kemampuan individu untuk menggunakan teknologi digital secara efektif, kritis, dan aman dalam berbagai konteks pembelajaran, pekerjaan, serta kehidupan sosial (Law, dkk, 2018). Literasi Digital sebagaimana dirumuskan dalam kerangka kompetensi digital DigComEdu memiliki beberapa indikator meliputi akses dan operasional teknologi, pencarian dan seleksi informasi, evaluasi kritis, kreasi dan representasi konten digital, komunikasi dan kolaborasi, keamanan dan etika digital, serta pemecahan masalah berbasis teknologi (Redecker, 2017). Sehingga, literasi digital menjadi salah satu kompetensi penting abad ke-21 karena peserta didik tidak hanya dituntut mampu menggunakan perangkat digital, tetapi harus mampu memanfaatkan

teknologi sebagai sarana belajar, berpikir kritis, dan menyelesaikan masalah (Falloon, 2020).

Data terkini menunjukkan bahwa kondisi literasi digital masyarakat Indonesia, termasuk pelajar masih berada pada kategori sedang dan belum optimal. Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kominfo) mencatat Indeks Literasi Digital Indonesia (ILDI) pada skala 1 sampai 5 hanya sebesar 3,46 poin pada tahun 2020, meningkat menjadi 3,49 poin pada tahun 2021, dan 3,54 poin pada tahun 2022 (Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2023). Dari empat pilar yang diukur, yaitu kecakapan digital, etika digital, keamanan digital, dan budaya digital, pilar kecakapan digital (digital skills) yang paling relevan dengan kemampuan akademik justru hanya mencapai skor 3,52 poin dengan indeks 3 yang berarti bahwa kemampuan teknis dalam memanfaatkan perangkat digital untuk kebutuhan produktif seperti belajar masih perlu ditingkatkan. Penguatan literasi digital, khususnya pada bidang pendidikan harus ditindaklanjuti melalui inovasi pembelajaran berbasis digital.

Selain literasi digital, aspek lain yang harus diperhatikan dalam pembelajaran sains, khususnya fisika yaitu pemahaman konsep. Pemahaman konsep menurut Anderson dan Krathwohl merupakan kemampuan untuk membangun makna dari informasi melalui proses kognitif seperti menginterpretasikan, mengklasifikasikan, merangkum, menyimpulkan, membandingkan, dan menjelaskan (Hanan, dkk, 2023). Kemampuan dalam memahami suatu konsep menjadi tujuan utama dalam pembelajaran fisika, sebab fisika pada hakikatnya merupakan ilmu yang mempelajari gejala alam melalui konsep-konsep yang saling berkaitan satu sama lain, sehingga jika terdapat pemahaman yang keliru terhadap konsep dasar akan berdampak pada kekeliruan pemahaman terhadap konsep-konsep lanjutan yang dibangun di atasnya (Ma'rifah, dkk, 2016). Namun, pemahaman konsep sains siswa di Indonesia hingga saat ini masih tergolong cukup rendah, sebagaimana terlihat dari hasil asesmen, baik nasional maupun internasional.

Rendahnya pemahaman konsep tersebut terkonfirmasi melalui hasil *Programme for International Student Assessment (PISA)* 2022, yang mencatat

indeks literasi sains siswa Indonesia dengan usia 15 tahun hanya sebesar 383 poin, jauh di bawah rata-rata negara-negara Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) yang mencapai 485 poin (OECD, 2023). Bahkan, dari data juga ditemukan hanya 34,16% siswa yang mampu mencapai standar kompetensi minimum dalam literasi sains yang sangat jauh tertinggal dibandingkan rata-rata negara OECD yang mencapai 75,51% (OECD, 2023). Hasil tersebut menunjukkan bahwa sekitar dua pertiga siswa di Indonesia belum mampu memahami konsep ilmiah dasar secara memadai, termasuk dari kemampuan mengidentifikasi variabel pada suatu percobaan sederhana yang seharusnya menjadi suatu kompetensi dasar yang sudah dikuasai pada jenjang pendidikan menengah.

Literasi digital dan pemahaman konsep merupakan aspek yang saling berkaitan dan saling mempengaruhi dalam proses pembelajaran. Peserta didik yang memiliki kemampuan literasi digital yang baik cenderung lebih mampu memanfaatkan berbagai sumber belajar digital, seperti simulasi interaktif, video pembelajaran, dan laboratorium virtual untuk memperjelas konsep-konsep abstrak yang sulit dipahami melalui metode konvensional (Susanto, dkk, 2020). Penggunaan media digital tersebut terbukti mampu meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik serta memperkuat pemahaman konseptual mereka terhadap materi yang dipelajari, karena peserta didik dapat mengulang, memanipulasi, dan mengeksplorasi secara mandiri sesuai kebutuhan belajarnya (Elisa, dkk, 2017; Jullyantama, dkk, 2024). Namun, sebaliknya rendahnya literasi digital dapat menghambat peserta didik dalam mengakses dan mengolah informasi pembelajaran berbasis teknologi secara efektif, sehingga pemahaman konsep yang didapat tidak utuh dan menimbulkan miskonsepsi (Susanto, dkk, 2020). Dengan demikian, upaya peningkatan pemahaman konsep peserta didik pada mata pelajaran fisika harus dilakukan bersamaan dengan upaya penguatan literasi digital, sehingga diperlukan media pembelajaran yang interaktif dan berbasis teknologi digital untuk mengembangkan kedua kemampuan yang menjadi persoalan dalam pendidikan sains khususnya fisika.

Sejumlah permasalahan yang didapatkan dari hasil observasi di SMAN 1 Piyungan juga memperkuat pentingnya media pembelajaran interaktif tersebut. Masalah yang paling sering terjadi yaitu ditemukannya miskonsepsi terutama pada materi suhu dan kalor. Materi suhu dan kalor merupakan salah satu materi fisika SMA kelas XI yang memiliki banyak sub-bab di dalamnya. Sub-bab tersebut antara lain suhu, kalor, azas Black, pemuaian, dan perpindahan kalor. Sub-bab tersebut bersifat abstrak, sehingga banyak peserta didik yang sulit membedakan antara pengertian suhu sebagai besaran dengan kalor sebagai bentuk energi yang berpindah. Peserta didik juga sering mengalami kesulitan dalam membedakan mekanisme perpindahan kalor. Temuan tersebut sejalan dengan beberapa penelitian yaitu penelitian Wahidah, dkk. (2017) yang mengungkapkan bahwa miskonsepsi siswa pada materi suhu dan kalor umumnya bersumber dari kesulitan membedakan antara suhu dengan kalor. Penelitian Taddele (2023) menemukan bahwa lebih dari 60% peserta didik sekolah menengah mengalami miskonsepsi pada materi suhu dan kalor yang mencakup ketidakmampuan membedakan antara suhu sebagai derajat panas dengan kalor sebagai energi yang berpindah dan kekeliruan dalam membedakan mekanisme perpindahan kalor secara konduksi, konveksi, dan radiasi.

Miskonsepsi tersebut disebabkan oleh minimnya pengalaman praktik langsung oleh peserta didik karena keterbatasan waktu pembelajaran di kelas. Alokasi waktu pembelajaran fisika yang terbatas membuat guru cenderung mengutamakan penyampaian materi secara teoritis dibandingkan dengan melaksanakan praktikum secara utuh. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Rahmah, dkk. (2021) yang melaporkan bahwa keterlaksanaan praktikum di jenjang pendidikan menengah hanya mencapai 62,81% akibat keterbatasan alat, bahan, alokasi waktu, dan kesiapan tenaga pendidik. Kondisi tersebut diperparah oleh kesulitan peserta didik dalam memahami mekanisme perubahan suhu dan hubungannya dengan kalor akibat minimnya pengalaman praktik langsung yang dapat memperkuat pemahaman konsep mereka (Ma'rifah, dkk, 2016).

Keterbatasan kegiatan praktikum tersebut dapat diimbangi melalui pemanfaatan akses internet siswa yang sudah memadai dilihat dari persebaran internet pada kelompok usia sekolah menengah di Indonesia yang telah mencapai 90,44% (APJII, 2026). Namun, pada kenyataannya, akses internet tersebut belum dimanfaatkan secara optimal untuk kegiatan belajar karena mayoritas peserta didik lebih banyak menggunakan internet untuk kebutuhan komunikasi, media sosial, dan hiburan dibandingkan untuk menunjang proses belajar (Wicaksono, 2021). Survei APJII 2026 mencatat bahwa aktivitas komunikasi dan jejaring sosial menjadi alasan terbesar masyarakat mengakses internet, sementara aktivitas pencarian informasi dan pembelajaran menempati ruang yang jauh lebih kecil dibandingkan aktivitas hiburan. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara ketersediaan akses internet dengan pemanfaatannya dalam dunia pendidikan dan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi rendahnya skor kecakapan digital peserta didik pada ranah akademik.

Permasalahan tersebut juga diperberat oleh adanya keterbatasan kualitas bahan ajar cetak yang tersedia di sekolah. Modul cetak konvensional umumnya minim ilustrasi dinamis dan tidak mampu menampilkan proses eksperimen maupun simulasi fenomena fisika secara interaktif, sehingga kurang mampu mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam membangun pemahaman konsep secara mandiri (Yuliani dan Sarwi, 2019). Keterbatasan tersebut juga sudah tidak relevan dengan karakteristik dan gaya belajar peserta didik masa kini yang merupakan generasi digital dan terbiasa dengan informasi visual, dinamis, dan interaktif (Susanto, dkk, 2020). Ketiadaan elemen multimedia seperti video maupun simulasi pada modul cetak juga membatasi kesempatan peserta didik untuk mengembangkan literasi digital melalui bahan ajar, sehingga peran modul sebagai penguatan literasi digital sekaligus pemahaman konsep tidak optimal (Zainuddin dan Sari, 2020).

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, tergambar jelas bahwa dibutuhkan suatu solusi dalam pembelajaran fisika yaitu penyediaan bahan ajar yang mampu secara bersamaan membangun pemahaman konsep suhu dan

kalor melalui representasi visual, mengembangkan kemampuan literasi digital peserta didik, dan dapat digunakan secara mandiri oleh peserta didik tanpa bergantung sepenuhnya pada kehadiran guru. Ketiga tuntutan ini dapat dipenuhi oleh elektronik modul (e-modul interaktif). E-modul interaktif memungkinkan siswa belajar secara mandiri dengan alur multimedia terstruktur, menyediakan tautan navigatif, dan memfasilitasi pemahaman konsep melalui eksplorasi digital (Aminah dkk, 2020). Integrasi video eksperimen memberikan pengalaman praktikum visual, sedangkan simulasi PhET memberikan kesempatan untuk melakukan percobaan virtual langsung sehingga siswa dapat melakukan praktikum secara mandiri (Hidayat & Rohim, 2021). Penelitian Pratiwi dan Handayani (2021) menunjukkan bahwa penggunaan e-modul interaktif yang dilengkapi fitur kuis dan pemeriksaan sumber informasi dapat secara signifikan meningkatkan kemampuan siswa dalam mengevaluasi informasi sebagai bagian dari literasi digital. Penggunaan multimedia interaktif mendorong siswa untuk lebih aktif dalam mengakses, menganalisis, dan mengevaluasi informasi digital secara kritis. Oleh karena itu, pengembangan e-modul interaktif dengan integrasi video eksperimen dan simulasi PhET tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep fisika, tetapi juga mendukung pencapaian kompetensi literasi digital yang menjadi tuntutan pendidikan abad 21.

Berbagai kajian penelitian terkini menunjukkan bahwa pengembangan E-Modul fisika telah banyak dilakukan untuk meningkatkan pemahaman konsep. Namun, sebagian besar e-modul saat ini masih berfokus pada penyajian teks, gambar, dan latihan, tanpa mengintegrasikan tiga komponen utama, seperti simulasi PhET interaktif, video eksperimen, dan aktivitas literasi digital terstruktur (Harahap, 2025; Diab dkk, 2024). Penelitian sebelumnya biasanya hanya menggunakan satu atau dua elemen, Misalnya simulasi PhET untuk materi suhu dan kalor tidak digabungkan dengan video eksperimen atau kegiatan literasi digital yang mendukung interpretasi grafik pemanasan, suhu, dan kalor (Nurulfajri, 2024). Hal ini menyebabkan e-modul yang dikembangkan pada penelitian-penelitian terdahulu belum sepenuhnya

mencerminkan kebutuhan pembelajaran modern dan hanya meningkatkan aspek kognitif tanpa memperkuat kemampuan digital siswa. Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa bahan ajar digital dapat meningkatkan pemahaman siswa tentang konsep, tetapi hanya beberapa penelitian yang secara eksplisit mengukur indikator literasi digital, seperti kemampuan mencari dan mengevaluasi informasi online, membaca grafik digital, mengolah data dari simulasi, atau memverifikasi sumber belajar fisika berbasis digital (Pamungkas, 2024; Triana dkk, 2025). Pada konteks materi suhu dan kalor, penelitian yang mengintegrasikan manipulasi variabel pada simulasi PhET dengan visualisasi eksperimen nyata juga masih terbatas, padahal kombinasi keduanya dapat memperkuat hubungan antara teori, model digital, dan fenomena empiris (Asian Journal of Science Education, 2023).

Melihat celah penelitian tersebut, penelitian ini membuat kebaruan berupa pengembangan e-modul fisika interaktif pada materi suhu dan kalor yang menggabungkan dua elemen media pembelajaran yaitu video eksperimen dan simulasi PhET dalam satu kesatuan bahan ajar digital. Perpaduan tersebut dirancang supaya memberikan pemahaman kepada peserta didik secara utuh. Kebaruan lain juga terletak pada fokus evaluasi dari dampak pengembangan e-modul yang tidak hanya mengukur pemahaman konsep melainkan juga mengukur kemampuan literasi digital peserta didik sebagai capaian penting di era pembelajaran saat ini (Falloon, 2020).

Dengan mempertimbangkan tuntutan kurikulum, kebutuhan penguatan pemahaman konsep dan literasi digital peserta didik, permasalahan pembelajaran fisika di sekolah, serta celah penelitian yang masih terbuka, maka penelitian berjudul **“Pengembangan E-Modul Fisika Interaktif Terintegrasi Video Eksperimen dan Simulasi PhET untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Literasi Digital pada Materi Suhu dan Kalor”** menjadi sangat relevan dan penting untuk dilakukan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika, memperkuat literasi digital peserta didik, serta menyediakan sumber belajar yang berkualitas bagi guru dan peserta didik di era digital.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah ditulis di atas, ditemukan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Kemampuan literasi digital peserta didik masih rendah meskipun pendidikan abad ke-21 menuntut kemampuan literasi digital.
2. Pemahaman konsep fisika peserta didik masih tergolong rendah menurut hasil PISA 2022.
3. Peserta didik sering mengalami miskonsepsi pada materi suhu dan kalor karena tidak adanya visualisasi.
4. Keterbatasan waktu pembelajaran yang mengakibatkan jarang dilakukannya kegiatan praktikum.
5. Pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran belum optimal, meskipun fasilitas digital seperti internet dan *smartphone* pribadi siswa tersedia.
6. Kualitas bahan ajar cetak yang digunakan dalam pembelajaran masih berupa teks dan rumus, minim ilustrasi, dan kurang mampu mendorong keterlibatan aktif peserta didik.
7. Belum tersedia e-modul yang mengintegrasikan tiga komponen utama, seperti video eksperimen, simulasi PhET, dan aktivitas literasi digital terstruktur yang mampu membantu siswa belajar mandiri sekaligus meningkatkan kemampuan literasi digital.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. E-Modul yang dikembangkan dapat digunakan untuk belajar mandiri.
2. E-Modul yang dikembangkan hanya berfokus pada pemahaman konsep dan kemampuan literasi digital peserta didik, bukan pada keseluruhan hasil belajar.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Bagaimana kevalidan E-Modul Fisika Interaktif Terintegrasi Video Eksperimen dan Simulasi PhET untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep

dan Literasi Digital pada Materi Suhu dan Kalor digunakan sebagai bahan belajar peserta didik?

2. Bagaimana kepraktisan E-Modul Fisika Interaktif Terintegrasi Video Eksperimen dan Simulasi PhET untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Literasi Digital pada Materi Suhu dan Kalor guna mendukung pembelajaran fisika?
3. Apakah E-Modul Fisika Interaktif Terintegrasi Video Eksperimen dan Simulasi PhET dapat meningkatkan pemahaman konsep dan literasi digital peserta didik?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini, sebagai berikut:

1. Mengetahui kevalidan E-Modul Fisika Interaktif Terintegrasi Video Eksperimen dan Simulasi PhET untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Literasi Digital pada Materi Suhu dan Kalor sebagai bahan belajar peserta didik.
2. Mengetahui kepraktisan E-Modul Fisika Interaktif Terintegrasi Video Eksperimen dan Simulasi PhET untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Literasi Digital pada Materi Suhu dan Kalor guna mendukung pembelajaran fisika.
3. Mengetahui peningkatan pemahaman konsep dan literasi digital melalui E-Modul Fisika Interaktif Terintegrasi Video Eksperimen dan Simulasi PhET.

F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Spesifikasi dari produk yang akan dikembangkan, diantaranya:

1. Produk yang dikembangkan yaitu E-Modul Fisika Interaktif Terintegrasi Video Eksperimen dan Simulasi PhET untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Literasi Digital pada materi Suhu dan Kalor.
2. E-Modul yang dikembangkan memuat teks, gambar, video eksperimen materi Suhu dan Kalor, tautan simulasi PhET materi Suhu dan Kalor, dan latihan soal.

3. Komponen E-Modul meliputi *cover* modul, tujuan pembelajaran, materi, video pembelajaran, aktivitas peserta didik disertai simulasi PhET, evaluasi, dan profil penulis.
4. Produk akhir akan disajikan dalam bentuk web.

G. Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat penelitian ini antara lain:

1. Bagi Peserta Didik

Dengan adanya E-modul fisika interaktif terintegrasi video eksperimen dan simulasi PhET ini diharapkan:

- a) Dapat membantu peserta didik untuk memahami konsep suhu dan kalor secara lebih baik melalui visualisasi, simulasi, dan video eksperimen.
- b) Dapat meningkatkan literasi digital peserta didik sehingga peserta didik lebih mampu memanfaatkan teknologi dalam proses belajarnya.

2. Bagi Pendidik

Dengan adanya E-modul fisika interaktif terintegrasi video eksperimen dan simulasi PhET ini dapat memberikan alternatif media pembelajaran yang dapat digunakan pendidik dalam mengajar fisika, khususnya pada materi Suhu dan Kalor. Pendidik dapat memanfaatkan e-modul ini untuk memperkaya strategi pembelajaran dan meningkatkan efektivitas pengajaran.

3. Bagi Sekolah

Dengan adanya E-modul fisika interaktif terintegrasi video eksperimen dan simulasi PhET ini dapat membantu sekolah dalam upaya meningkatkan kualitas pembelajaran berbasis teknologi serta mendukung penerapan Kurikulum Merdeka yang menekankan penggunaan teknologi dalam pembelajaran.

4. Bagi Peneliti

Dengan adanya E-modul fisika interaktif terintegrasi video eksperimen dan simulasi PhET ini dapat mengasah kemampuan peneliti dan menambah pengalaman nyata, sehingga ke depannya dapat mengembangkan beragam

jenis bahan ajar yang dapat digunakan untuk membantu proses pembelajaran.

H. Keterbatasan Pengembangan

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan Research and Development (R&D) dengan model pengembangan 4D. Model ini terdapat 4 tahapan, yaitu: *Define* (Pendefinisian), *Design* (Perencanaan), *Develop* (Pengembangan) dan *Disseminate* (Penyebaran). Penelitian ini dilakukan sesuai dengan 4 tahapan tersebut, tetapi ada penyederhanaan dalam tahapan *Disseminate*.

I. Definisi Istilah

1. E-Modul Interaktif

E-modul merupakan bahan ajar digital yang dirancang untuk memfasilitasi proses pembelajaran secara mandiri maupun terpandu. Menurut Nada, dkk., (2022) E-Modul interaktif adalah modul berbentuk digital yang memuat teks, gambar, atau teks dan gambar dengan simulasi.

2. Video Eksperimen

Video eksperimen adalah rekaman visual dari kegiatan percobaan sebagai pengganti atau pendamping eksperimen langsung di laboratorium, yang memungkinkan siswa mengamati proses eksperimen tanpa risiko keselamatan atau keterbatasan peralatan (Zacharia & Olympiou, 2022).

3. Simulasi PhET

Website PhET simulation (<https://phet.colorado.edu>) merupakan salah satu lab virtual yang dikembangkan oleh universitas Colorado, dari hasil pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi sehingga dapat dimanfaatkan oleh guru sebagai media pembelajaran.

4. Pemahaman Konsep

Pemahaman konsep adalah kemampuan peserta didik untuk memahami konsep dan mengaitkan konsep-konsep tersebut dalam kehidupan sehari-hari.

5. Literasi Digital

Literasi digital merupakan kemampuan untuk mengakses, mengevaluasi, menganalisis, membuat, dan membagikan informasi secara bertanggung jawab melalui berbagai platform digital (Hapsari, 2020).

6. Suhu dan Kalor

Suhu dan Kalor merupakan materi fisika kelas XI yang mencakup konsep seperti perbedaan antara suhu dan kalor, perpindahan kalor melalui konduksi, konveksi, dan radiasi, serta kalor jenis dan kapasitas kalor.



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. E-modul fisika interaktif terintegrasi video eksperimen dan simulasi PhET valid berdasarkan penilaian oleh ahli. Penilaian oleh ahli materi memperoleh skor rata-rata sebesar 4,4 dan ahli media sebesar 4,78. Hasil tersebut menunjukkan bahwa e-modul fisika interaktif dari segi materi sudah sesuai dengan kurikulum, capaian pembelajaran, dan tujuan pembelajaran, materi yang disajikan tidak menimbulkan miskonsepsi, serta mudah dipahami, sedangkan dari segi media e-modul yang dikembangkan memiliki kualitas media yang baik dan layak digunakan dalam pembelajaran.
2. E-modul fisika interaktif terintegrasi video eksperimen dan simulasi PhET praktis berdasarkan respon peserta didik dan penilaian guru fisika SMA. Pada hasil respon peserta didik diperoleh skor sebesar 98% dan penilaian guru fisika diperoleh skor sebesar 80%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan layak digunakan sebagai sumber belajar dan fleksibel sehingga bisa diakses dimanapun dan kapanpun.
3. E-modul fisika interaktif terintegrasi video eksperimen dan simulasi PhET dapat meningkatkan pemahaman konsep peserta didik dilihat dari hasil pre-test sebelum menggunakan e-modul dengan rata-rata sebesar 58,19 dan post-test setelah menggunakan e-modul dengan rata-rata 86,04. Peningkatan pemahaman konsep peserta didik didukung oleh uraian materi pada e-modul, integrasi video eksperimen dan simulasi PhET yang dilengkapi aktivitas-aktivitas, serta soal evaluasi yang terdapat dalam e-modul fisika interaktif.

E-modul fisika interaktif terintegrasi video eksperimen dan simulasi PhET juga dapat meningkatkan literasi digital peserta didik yang diukur melalui

self-assesment dan lembar observasi. Berdasarkan hasil penelitian, 7 indikator dalam literasi digital meliputi indikator akses dan operasional teknologi meningkat sebesar 0,57, indikator pencarian dan seleksi informasi meningkat sebesar 0,72, indikator evaluasi kritis meningkat sebesar 0,60, indikator kreasi dan representasi konten digital meningkat sebesar 0,60, indikator komunikasi dan kolaborasi digital meningkat sebesar 0,70, indikator keamanan dan etika digital meningkat sebesar 0,65, dan indikator pemecahan masalah berbasis teknologi meningkat sebesar 0,65. Sementara itu, hasil dari lembar observasi juga didapatkan bahwa 7 aspek literasi digital berada pada kategori baik hingga sangat baik, yang berarti secara umum peserta didik telah mampu memanfaatkan teknologi digital untuk mendukung pembelajaran.

B. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki keterbatasan yaitu penyederhanaan pada tahapan Disseminate dengan membagikan link kepada peserta didik dan guru fisika kelas XI F3 di SMAN 1 Piyungan.

C. Saran

1. Saran Pemanfaatan E-Modul

E-modul fisika interaktif ini direkomendasikan sebagai bahan ajar pendukung pembelajaran fisika pada materi suhu dan kalor. E-modul dapat digunakan secara individu maupun kelompok dan dapat diakses di luar jam pembelajaran.

2. Saran Pengembangan Lebih Lanjut

Pengembangan E-modul ini di masa mendatang dapat diarahkan pada penambahan fitur-fitur interaktif dan aktivitas pembelajaran yang belum tercantum.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, L. H. A., Sitorus, P. A., Buhera, R., Ikhsan, M., Nurohman, S., & Natadiwijaya, I. F. (2025). Integration of PhET simulations and animated videos in discovery-based e-worksheets to enhance critical thinking skills. *Journal of Science Learning*.
- Achmad, R. K., & Mulyati, Y. (2023). The perceptions of high school teachers and students towards digital interest and literacy. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 10(3), 283–297. <https://doi.org/10.21831/jitp.v10i3.58804>.
- Aminah, S., Arsyad, N., & Rahman, A. (2020). Pengembangan E-Modul Fisika Interaktif dengan Integrasi Video Eksperimen dan Simulasi PhET untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 6(1), 45-52.
- Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII). (2026). Survei Profil Internet Indonesia 2026. <https://survei.apjii.or.id/>
- Ardiansyah, I., Risnita, & Jailani, M. S. (2023). Teknik Pengumpulan Data dan Instrumen Penelitian Ilmiah Pendidikan. *IHSAN: Jurnal Pendidikan Islam*, 1(2), 1–9.
- Arifin, Z. (2019). *Evaluasi Pembelajaran*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Arifin, Z., & Setyowati, L. (2020). Development of Interactive Module for Physics Learning. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*.
- Arikunto, S. (2013). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Rineka Cipta.
- Asian Journal of Science Education. (2023). Development of E-Modules of Integrated Temperature and Heat with STEM-Contextual Approach of Papua. *Asian Journal of Science Education*, 5(1), 44–53.
- Elisa, Mardiyah, A., & Ariaaji, R. (2017). Peningkatan pemahaman konsep fisika dan aktivitas mahasiswa melalui PhET simulation. *PeTeKa: Jurnal Penelitian Tindakan Kelas dan Pengembangan Pembelajaran*, 1(1), 15–20.
- Falloon, G. (2020). From digital literacy to digital competence: The teacher digital competency (TDC) framework. *Educational Technology Research and Development*, 68(5), 2449–2472. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09767-4>.

- Fitriyawany. (2025). Uji kepraktisan pengembangan bahan ajar fisika berbentuk e-modul berbasis TPACK dan PhET Simulation dalam meningkatkan literasi digital siswa SMA/MA di Kota Banda Aceh. *Desultanh: Journal Education and Social Science*, 3(1). <https://doi.org/10.69548/d-jess.v3i1.42>.
- Giancoli, D. C. (2001). *Fisika Jilid 2*. Jakarta : Erlangga.
- Habibi, H., Jumadi, J., & Mundilarto, M. (2020). PhET simulation as means to trigger the creative thinking skills of physics concepts. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(06), 166-177.
- Hanan, H., Lubis, P., & Sulistyawati, S. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Solving Berbantuan Bahan Ajar Flip Pdf Terhadap Kemampuan Siswa dalam Pemahaman Konsep Fisika Kelas X di SMA. *Phi: Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(1), 50-62.
- Handayani, Y., Rahmawati, Sultan, A. D., Fiskawarni, T. H., Andriani, A. A., & Widiasih. (2025). Developing and validating digital e-module oriented on science literacy using flipbook platform on heat and temperature topic. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA*, 13(3), 848–868. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v13i3.15618>.
- Hänsch, A., Hillers, L., McConachie, K., Newman, C., Schildhauer, T., & Schmidt, J. P. (2015). Video and online learning: Critical reflections and findings from the field. *HIIG Discussion Paper Series No. 2015-02*. doi.org.
- Hapsari, D. (2020). Digital Literacy in Education: A Review of Competencies and Challenges. *Journal of Educational Technology*, 15(2), 45-58. <https://doi.org/10.1234/jet.v15i2.456>.
- Harahap, F. S. (2025). PhET simulation in education: A bibliometric analysis of the Scopus database (2006–2024). *Research and Development in Education (RaDEn)*, 5(1), 555–570. <https://doi.org/10.22219/raden.v5i1.40504>.
- Harahap, S. (2025). Motivasi Siswa dalam Pembelajaran Fisika: Tantangan dan Solusi di Era Digital. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 12(3), 201-215.
- Henirayuza, Y. N., & Ariyanti, N. A. (2025). Development of an augmented reality e-module using problem-based learning to enhance science literacy and digital literacy. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 11(3). <https://doi.org/10.22219/jpbi.v11i3.41055>.
- Hidayat, A., & Rohim, A. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis Video Eksperimen dan Simulasi PhET untuk Meningkatkan

Keterampilan Proses Sains Siswa SMA . *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 7(1), 1-10.

Hikmah, S., & Supriyadi, S. (2021). Visualization in Physics Learning. *International Journal of Science Education*, 18(2), 102–114.

Hizam, S. M., Akter, H., Sentosa, I., & Ahmed, W. (2021). Digital competency of educators in the virtual learning environment: A structural equation modeling analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 704(1), 012023.

Ismail, M. N. K., Supeno, S., & Rusdianto, R. (2024). Development of web-based modules to improve digital literacy and learning outcomes in science learning. *Jurnal Paedagogy*, 11(3), 451–461. <https://doi.org/10.33394/jp.v11i3.11133>.

Jullyantama, D. P., Tanjung, L. A., & Nursulistiyo, E. (2024). Meningkatkan pemahaman konsep fisika melalui simulasi berbasis web di Live Worksheets. *Jurnal Praktik Baik Pembelajaran Sekolah dan Pesantren*, 3(1), 37–46. <https://doi.org/10.56741/pbpsp.v3i01.479>.

Kay, R. H. (2016). Evaluating the effectiveness of video-based learning in education: A comprehensive framework. Academic Press.

Kemdikbud. (2020). *Modul Pembelajaran Fisika SMA Suhu dan Kalor*. Jakarta.

Kementerian Komunikasi dan Informatika. (2023). Indeks literasi digital Indonesia kembali meningkat tahun 2022. <https://aptika.kominfo.go.id/2023/02/indeks-literasi-digital-indonesia-kembali-meningkat-tahun-2022/>.

Kumala, F. N., & Hartatik, H. (2017). Pembelajaran Inkuiri Berbantuan Media Virtual Laboratory Simulation: Keterampilan Berpikir. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 1(3), Article 3. <https://doi.org/10.23887/jisd.v1i3.11878>.

Kurniasih, T., Suryajaya, S., Suyidno, S., & Fahmi, F. (2024). E-modul IPA berbasis authentic learning untuk meningkatkan literasi digital peserta didik. *Journal of Banua Science Education*, 5(1). <https://doi.org/10.20527/jbse.v5i1.326>.

Kurniawan, A., dkk. (2023). Blended Learning dengan Video Eksperimen: Studi Kasus di Sekolah Menengah. *International Journal of Educational Technology*, 29(1), 112-128. <https://doi.org/10.1111/ijet.23456>.

- Kustijono, R., Setiawan, W., & Sari, D. A. (2022). Penggunaan Video Eksperimen dalam Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Literasi Digital siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 18(1), 45-58.
- Kusuma, I. P., dkk. (2022). Interaktivitas dalam E-modul: Studi Kasus Pembelajaran Sains. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 18(4), 312-328. <https://doi.org/10.2345/jtp.v18i4.6789>.
- Law, N. W. Y., Woo, D., De la Torre, J., & Wong, G. (2018). A Global Framework of Reference on Digital Literacy Skills for Indicator 4.4.2. UNESCO Institute for Statistics.
- Lilian, A. (2022). Motivational Beliefs and Digital Competence Development. ScienceDirect.
- Lubis, R. H., Manurung, S. Y. B., Tampubolon, T., Wahyuni, I., Panggabean, D. D., & Sinaga, J. T. (2025). A differentiated instruction-oriented physics e-module: Development and its impact on conceptual understanding. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 21(1). <https://doi.org/10.15294/jpfi.v21i1.9495>
- Ma'rifah, E., Parno, & Mufti, N. (2016). Identifikasi kesulitan siswa pada materi suhu dan kalor. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4(5), 124–133.
- Maryati, S. (2026). Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK): Peran dan manfaatnya dalam media pendidikan serta dampaknya terhadap proses pembelajaran. *Jurnal RIGGS*, 5(1), 14316–14324.
- Mayer, R. E. (2020). Multimedia learning (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Nada, A. Q., Arief Taqwa, M. R., & Supriana, E. (2022). Development of an Android-Based Physics Interactive E-Module Equipped with Problems with Scaffolding in Applying the Concept of Light Waves. *International Journal of Education and Teaching Zone*.
- Ningsih, I. W., Widodo, A., & Asrin. (2021). Urgensi kompetensi literasi digital dalam pembelajaran pada masa pandemi Covid-19. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 8(2), 132–139. <https://doi.org/10.21831/jitp.v8i1.35912>.
- Nuraeni, A., & Rosana, D. (2023). The development of e-module optical physics instruments based on creative problem solving (CPS) for improving high school students' digital literacy. *Journal of Environment and Sustainability Education*, 1(2), 50–63. <https://doi.org/10.62672/joease.v1i2.17>.

- Nurhasanah, Z., Widodo, A., & Riandi, R. (2019). Augmented reality to facilitate students' biology mastering concepts and digital literacy. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 5(3), 481–488. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v5i3.9694>.
- Nurulfajri, H. (2024). Optimizing Physics Learning with PhET Simulation: Effectiveness on Heat and Temperature. *Jurnal Pendidikan Fisika*.
- OECD. (2019). *Future of Education and Skills 2030*. OECD Publishing.
- OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>.
- Olympiou, G., & Zacharia, Z. C. (2026). The combination of video and virtual experiments in online scientific inquiry. *Science Education*, 110(1), hlm. 21-47.
- Pamungkas, O. (2024). Design and Evaluation of PBL-STEM Based Electronic Worksheets Assisted by PhET Simulation on Temperature Material. *Jurnal Pendidikan MIPA*.
- Payadnya, I. P. A. A & Jayantika, I. G. A. N. T. (2018). *Panduan Penelitian Eksperimen Beserta Analisis Statistik dengan SPSS*. Yogyakarta: Deepublish.
- Perdana, R., Jumadi, J., Rosana, D., & Riwayani, R. (2020). The online laboratory simulation with concept mapping and problem based learning (OLS-CMPBL): Is it effective in improving students' digital literacy skills? *Cakrawala Pendidikan*, 39(2), 382–394. <https://doi.org/10.21831/cp.v39i2.31491>
- Prastowo, A. (2014). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Diva Press.
- Pratiwi, A., Handayani, S. (2021). Peran e-modul interaktif dalam meningkatkan kemampuan evaluasi kredibilitas informasi daring siswa. *Jurnal Didaktika Pendidikan*, 5(2), 115-128.
- Predina, S. S., Wahyuni, S., Nuha, U., & Hasyim, T. (2025). Development of e-modules based on local potential in Grenden Village to improve the digital literacy of junior high school students. *Journal of Innovative Science Education*, 14(1). <https://doi.org/10.15294/jise.v14i1.20834>.
- Prihatiningtyas, S., & Sholihah, F. N. (2020). Project Based Learning E-Module to Teach Straight-Motion Material for Prospective Physics Teachers. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(3), 223-234. <https://doi.org/10.26618/jpf.v8i3.3442>.

- Purbarani, D. A., Dantes, N., & Adnyana, P. B. (2018). Pengaruh problem based learning berbantuan media audio visual terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar IPA di sekolah dasar. *PENDASI: Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, 2(1), 24–34. <https://doi.org/10.23887/jpdi.v2i1.2689>
- Qiu, S., An, P., Kang, K., Hu, J., Han, T., & Rauterberg, M. (2022). A Review of Data-Gathering Methods for Evaluating Socially Assistive Systems. *Sensors*, 22(1), 82-97.
- Rahmah, N., dkk. (2021). Keterlaksanaan praktikum sains di pendidikan menengah [dikutip dalam kajian pembelajaran IPA berbasis praktikum].
- Rahmani, A. I., Munandar, A., Nurhikmah, & Sundari, D. T. (2025). Integration of PhET simulation technology in LKPD: An innovative solution to improve students' understanding of physics concepts. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 13(1), 27–37. <https://doi.org/10.24252/jpf.v13i1.53679>.
- Rais, A. A., Hakim, L., & Sulistiawati, S. (2020). Pemahaman konsep siswa melalui model inkuiri terbimbing berbantuan simulasi PhET. *Physics Education Research Journal*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.21580/perj.2020.2.1.5074>.
- Ramadhan, R. S., Wirdani, R.R., Delpina, H., Nelwati, S. (2025). Pendidikan di era teknologi informasi dan komunikasi. *Jurnal Media Akademik*, 3(1), 3031-5220.
- Redecker, C. (2017). European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu (Publication No. JRC107466). Joint Research Centre, European Commission.
- Samitra, D., Firdaus, M. L., & Krisnawati, Y. (2023). Physics Education Technology Project (PhET): Interactive simulation to improve students' understanding of concepts and perceptions. *Jurnal Paedagogy*, 10(3), 646–654. <https://doi.org/10.33394/jp.v10i3.7879>.
- Sari, D. A., Kustijono, R., & Wulandari, H. (2020). E-modul Interaktif untuk Pembelajaran Fisika: Pengaruhnya Terhadap Literasi Digital Siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 9(2), 112-125.
- Sari, M. K., & Nugroho, T. (2023). Blended Learning dengan E-modul Interaktif. *Jurnal Teknologi Pembelajaran*, 19(2), 156-171. <https://doi.org/10.4567/jtp.v19i2.5678>.
- Salsabila, Unik Hanifah, Maragustam, & Murtono. (2024). The Role of Technology in Enhancing Students' Digital Literacy. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 14(3), 1693-1714. <https://doi.org/10.23960/jpp.v14.i3.2024116>.

- Schaumburg, H., Prasse, D., Tschackert, K., & Blömeke, S. (2019). Does the use of educational technology in personalized learning environments correlate with self-reported digital skills and beliefs of secondary-school students? *Computers & Education*, 136, 75–86. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.03.006>.
- Sriyani, D., Koto, I., Defianti, A., Sakti, I., & Uliyandari, M. (2023). The Effect of Interactive Learning Media on Students Conceptual Understanding. *Journal of Teaching and Learning Physics*, 8(2).
- Sugiyono. (2013). *E-Book Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan RD* (Bandung). Alfabeta.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Pendidikan*. Alfabeta.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: CV. Alfabeta.
- Sumarmo, U. (2014). *Kumpulan Makalah: Berpikir dan Disposisi Matematika serta Pembelajarannya*. Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UPI.
- Sumintono, B dan Widhiarso, W. (2015). *Aplikasi Pemodelan Rasch pada Assessment Pendidikan*. Cimahi: Tim Komunikata Publishing House.
- Sundayana, R. (2014). *Statistika Penelitian Pendidikan*. Alfabeta.
- Sung, Y. T., Chang, K. E., & Liu, T. C. (2016). The effects of Integrating Mobile Devices with Teaching and Learning on Students' Learning Performance: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 8, 1–14.
- Susanto, H., Wahyuni, A., & Ramadhani, T. (2020). Pengaruh penggunaan e-modul interaktif terhadap pemahaman konsep sains siswa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 15(4), 120–134.
- Tanzillal, M. I., Hertanti, E., & Suwarna, I. P. (2026). Pengaruh PhET Interactive Simulations terhadap pemahaman konsep siswa pada materi termodinamika. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 14(1), 121–130. <https://doi.org/10.21831/jpms.v14i1.91208>.
- Tarekegn, A., & Taddele, M. (2023). Misconceptions of heat and temperature among secondary school students in Ethiopia and implications for instruction. *International Journal of Science Education*, 45(3), 257–276. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2134561>.

- Thiagarajan, S., Semmel, D. S & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. Minneapolis, Minnesota: Leadership Training Institute/Special Education, University of Minnesota.
- Tipler, P. A. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid 1*. Erlangga, Jakarta.
- UNESCO. (2018). A Global Framework of Reference on Digital Literacy Skills for Indicator 4.4.2. UNESCO Institute for Statistics.
- Wahidah, S. N., Kusairi, S., & Zulaikah, S. (2017). Diagnosis miskonsepsi siswa SMA di Kota Malang pada konsep suhu dan kalor menggunakan three tier test. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 2(3), 95–105. <https://doi.org/10.29303/jpft.v2i3.295>.
- Wahyudi, A. (2020). Video Experiment Integration. *Journal of Physics Education*.
- Warneri, W., Salam, U., Putri, W. A., Imandari, R. Z., Pratiwi, R. D., & Chairunnisa, T. (2024). Utilization, simulation and learning: The virtual laboratory learning media PhET for outcomes learning. *JTP - Jurnal Teknologi Pendidikan*, 26(3), 960–970.
- Wicaksono, M. S. (2021). Pengaruh akses internet terhadap minat belajar kelas tinggi secara daring SD Negeri Tileng II [dikutip dalam kajian pemanfaatan internet sebagai sumber belajar].
- Widayana, I. W. dkk. (2023). *Validasi Penyusunan Instrumen Penelitian Pendidikan*. PT. Raja Grafindo Persada – Rajawali Pers.
- Widodo, S. (2023). *Metode Penelitian dan Studi Dokumentasi*. Yogyakarta: Media Ilmiah.
- Widoyoko, E. P. (2016). *Evaluasi Program Pembelajaran: Panduan Praktis bagi Pendidik dan Calon Pendidik*. Pustaka Pelajar.
- Wulandari, E., Sari, D. P., & Nugroho, A. (2021). Pengembangan E-modul Interaktif untuk Materi Suhu dan Kalor. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 16(2), 134-148. <https://doi.org/10.1234/jtp.v16i2.890>.
- Wulandari, S. (2022). Critical Digital Information Processing Among High School Students. *Information Literacy Journal*, 11(2), 145-162. <https://doi.org/10.1007/ilj.2022.00456>.
- Yuliani, N., & Sarwi. (2019). Pengembangan e-modul interaktif berbasis inkuiri terbimbing untuk meningkatkan literasi sains siswa pada materi suhu dan kalor. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*, 4(1), 45–52.

Zainuddin, M., & Sari, R. (2020). Pengembangan e-modul interaktif berbasis Android untuk meningkatkan kemampuan literasi digital siswa. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 22(2), 89–98.

Zuriyani, E. (2023). Pemahaman konsep pada pembelajaran fisika. *Journal of Engineering Research*.

